

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**Химический состав подземных вод городской территории  
 (на примере группы родников «Университетские», г. Томск)**

УДК 1:556.314.6(571.16-25)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ91	Тургунбаев Бексултан Улукбекович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения геологии	Хващевская Альбина Анатольевна	к.г.-м.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пашков Евгений Николаевич	к.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженерные изыскания в строительстве	Савичев Олег Геннадьевич	д.г.н		

Томск – 2021 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	способность и готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОПК(У)-2	способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, находить и принимать управленческие решения, формировать цели команды, воздействовать на ее социально-психологический климат в нужном для достижения целей направлении, оценивать качество результатов деятельности
ОПК(У)-3	готовность к изучению, анализу и сопоставлению отечественного и зарубежного опыта по разработке и реализации проектов природообустройства и водопользования
ОПК(У)-4	способность использовать знания методов принятия решений при формировании структуры природно-техногенных комплексов, методов анализа эколого-экономической и технологической эффективности при проектировании и реализации проектов природообустройства и водопользования, проектов восстановления природного состояния водных и других природных объектов
ОПК(У)-5	способность профессионально использовать современное научное и техническое оборудование и приборы, а также профессиональные компьютерные программные средства
ОПК(У)-6	способность собирать, обобщать и анализировать экспериментальную и техническую информацию
ОПК(У)-7	способность обеспечивать высокое качество работы при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования, при проведении научно-исследовательских работ
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>Проектно-изыскательская деятельность</b>	
ПК(У)-1	способность определять исходные данные для проектирования объектов природообустройства и водопользования, руководить изысканиями по оценке состояния природных и природно-техногенных объектов
ПК(У)-2	способность использовать знания методики проектирования инженерных сооружений, их конструктивных элементов, методики инженерных расчетов, необходимых для проектирования систем, объектов и сооружений для природообустройства и водопользования
ПК(У)-3	способность обеспечивать соответствие качества проектов природообустройства и водопользования международным и государственным нормам и стандартам

<b>Научно-исследовательская деятельность</b>	
ПК(У)-6	способность формулировать цели и задачи исследований, применять знания о методах исследования при изучении природных процессов, при обследовании, экспертизе и мониторинге состояния природных объектов, объектов природообустройства и водопользования и влияния на окружающую среду антропогенной деятельности
ПК(У)-7	способность разрабатывать и вести базы экспериментальных данных, производить поиск и выбор методов и моделей для решения научно-исследовательских задач, проводить сравнение и анализ полученных результатов исследований, выполнять математическое моделирование природных процессов
ПК(У)-8	способность делать выводы, формулировать заключения и рекомендации, внедрять результаты исследований и разработок и организовывать защиту прав на объекты интеллектуальной собственности
ПК(У)-9	способность проводить поиск, получение, обработку и анализ данных полевых и лабораторных исследований, обследований, экспертизы и мониторинга объектов природообустройства, водопользования
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
ДПК(У)-1	способность осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование  
Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Савичев О.Г.  
(Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ВМ91	Тургунбаев Бексултан Улукбекович

Тема работы:

<b>Химический состав подземных вод городской территории (на примере группы родников «Университетские», г. Томск)</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.01.2021 № 12-11/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2021 г.
--	---------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования являются подземные воды территории г. Томск и включают группу родников «Университетские». В работе использовались результаты лабораторных исследований химического состава вод 5 родников, полученные в ПНИЛ ГГХ ИШПР ТПУ и литературные данные.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Природные условия района исследований (по литературным данным);</li> <li>2. История изучения природных вод на участке исследований;</li> <li>3. Геоэкологическая характеристика района исследований;</li> <li>4. Инвентаризация источников антропогенного загрязнения подземных вод;</li> <li>5. Химический состав и качество природных вод группы родников «Университетские» г. Томск;</li> <li>6. Временная изменчивость химического состава вод родников «Университетские» г. Томск;</li> <li>7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>8. Социальная ответственность.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Схема расположения района исследования;</li> <li>2. Геолого-технический разрез;</li> <li>3. Карта-схема источников загрязнения природных вод (составлено автором).</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Рыжакина Татьяна Гавриловна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Пашков Евгений Николаевич</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Main factors of underground water formation</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>10.06.2021</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент отделения геологии</p>	<p>Хващевская Альбина Анатольевна</p>	<p>к.г.-м.н., доцент</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>2BM91</p>	<p>Тургунбаев Бексултан Улукбекович</p>		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки Природообустройство и водопользование

Уровень образования высшее профессиональное

Отделение геологии

Период выполнения осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

<b>Магистерская диссертация</b>
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10-12.2019	Обзор литературы и отчетной документации	
01-03.2020	Природные условия и геоэкологическая характеристика района исследований	
04-06.2020	Характеристика техногенной нагрузки на территорию исследования	
09-10.2020	Исследование химического состава вод (отбор проб и химический анализ вод).	
12.2020-02.2021	Характеристика химического состава подземных вод родников «Университетские» г. Томск	
02-04.2021	Оценка экологического состояния подземных вод на примере родников «Университетские» г. Томск	
04.2021	Социальная ответственность	
05.2021	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
05.2021	Раздел на иностранном языке.	

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Хващевская Альбина Анатольевна	к.г.-м.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Савичев Олег Геннадьевич	д.г.н.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2BM91	Тургунбаев Бексултан Улукбекович

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Тема ВКР:

Химический состав подземных вод городской территории (на примере группы родников «Университетские», г. Томск)	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования являются подземные воды территории г. Томск и включают группу родников «Университетские». В работе использовались результаты лабораторных исследований химического состава вод 5 родников, полученные в ПНИЛ ГГХ ИШПР ТПУ и литературные данные.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя Трудовой кодекс РФ [Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 16.12.2019)]
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	К опасным и вредным факторам относятся: -недостаточная освещенность рабочей зоны; -отклонение показателей микроклимата; -превышение уровней шума и вибрации; -электромагнитное излучение; -утечки токсичных и вредных веществ в рабочую зону.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	

	-анализ воздействие объекта на атмосферу (выбросы, выхлопные газы), -анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы, утечка горючесмазочных материалов); -анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, нарушение естественного залегания пород).
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Перечень возможных ЧС на объекте: Техногенного характера – пожары взрывы в зданиях. Природного характера – оползень. Пожар – наиболее типичный ЧС.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>26.05.2021</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пашков Евгений Николаевич	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM91	Тургунбаев Бексултан Улукбекович		



**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2BM91	Тургунбаев Бексултан Улукбекович

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1.Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	СНОР 93, вып.1, ч. 3 (50) ССН 92, вып.7(4) ССН 93, вып.1,ч. 3(49)
2.Нормы и нормативы расходования ресурсов	Налоговый кодекс РФ
3.Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1.Оценка коммерческого и инновационного потенциала, перспективности и альтернатив разработка проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ затрат времен на производство полевых и лабораторных работ для мониторинга качества природных вод родников г.Томска
2.Планирование и формирование бюджета разработки	Расчет стоимости проведения полевых и лабораторных работ для мониторинга качества природных вод.
3.Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет общей сметы проведения полевых и лабораторных работ для мониторинга качества природных вод родников г.Томска

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	31.01.2021
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		31.01.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM91	Тургунбаев Бексултан Улукбекович		31.01.2021

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 111 с., 20 рис., 28 табл., 48 источников, текстовые приложение.

Ключевые слова: подземные воды, родники, химический состав вод, экологическая оценка.

Объектом исследования являются природные подземные воды городской территории г. Томска – группа родников «Университетские».

Цель работы – изучить химический состав вод родников, оценить особенности их временной изменчивости и установить влияние на них антропогенного фактора.

В работе представлены физико-географические условия формирования состава подземных вод территории г. Томска, приведены современные данные химического состава подземных вод пяти родников группы «Университетские», описана временная изменчивость химического состава вод. В результате исследования отмечены особенности поведения ряда компонентов состава вод, проведена оценка качества вод и выявлены основные источники негативного воздействия на подземные воды городской территории.

В процессе исследования проводились: рекогносцировочные работы по изучению физико-географических особенностей территории исследования и расположению пунктов наблюдения; полевые работы по отбору проб подземных вод и описанию условий их выхода на дневную поверхность; лабораторные работы по изучению химического состава подземных вод; камеральные работы по обработке фактических данных, оценке качества вод в условиях антропогенной нагрузки.

В результате исследования, полученная информация о состоянии природных подземных вод родников за 3-х летний период позволит продемонстрировать их фоновый состав на исследуемой территории и возможные его изменения в результате многообразных видов антропогенной

деятельности на территории г. Томска, а также разработать комплекс мероприятий по своевременному предотвращению негативного воздействия на водные ресурсы г. Томска и сохранить исторически-значимый и стратегически важный объект – комплекс родников «Университетские».

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: \_магистерская диссертация выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016, при построении таблиц использован табличный процессор Microsoft Excel 2016, и Google(Yandex) карты.

Степень внедрения: частичная

Область применения: Полученная информация может быть использована Департаментом природных ресурсов и охраны окружающей среды при мониторинге состояния водных ресурсов г. Томска, образовательными учреждениями при организации и развитие системы экологического образования и формирования экологической культуры на территории Томской области.

Экономическая эффективность/значимость работы Полученная информация может быть использована для дальнейшего наблюдения за составом природных подземных вод городской территории г. Томска в условиях антропогенного влияния. Данные об изменении состава природных вод так же могут быть использована как исходный материал для подбора мер по уменьшению и/или ликвидации техногенного влияния с целью предотвращения изменения природного характера вод, что будет способствовать улучшению экологического состояния рекреационно - оздоровительной зоны в пределах исторической части города на территории Сибирского ботанического сада, Университетской рощи Томского государственного университета и в окрестности города Томска.

В будущем планируется организовать сезонные наблюдения за состоянием подземных вод г. Томска на примере родников с расширением количества точек наблюдения и выявить главные причины поступления в воды загрязняющих веществ с целью их устранения.

## **СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ**

ПДК – предельно-допустимая концентрация;

М – общая минерализация;

ГОСТ – государственный стандарт;

ГН – гигиенические нормы;

СанПиН – санитарные правила и нормы;

СП – санитарные правила;

ЗВ – загрязняющие вещества.

## Оглавление

РЕФЕРАТ.....	10
СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ .....	12
Введение.....	15
Глава 1. Основные факторы формирования подземных вод .....	18
1.1. Физико-географическая характеристика территории .....	18
1.2. Рельеф .....	20
1.3. Климат.....	20
1.4. Гидрография и гидрология .....	21
1.5. Геологические условия .....	22
1.6. Гидрогеологические условия.....	24
1.7. Особенности антропогенной нагрузки на исследуемую территорию ...	26
Глава 2. Методика исследований .....	31
2.1. Полевые работы.....	31
2.2. Лабораторные работы .....	32
2.3. Камеральные работы .....	32
Глава 3. Объект исследования .....	33
3.1. Общие сведения о месте расположения родников .....	33
3.2. Характеристика родников.....	35
3.3. Химический состав вод родников .....	38
3.3.1. Современное состояние .....	39
3.3.2. Временной характер изменения состава вод родников.....	44
3.3.3. Качество подземных вод родников .....	50
3.3.4. Оценка экологического состояния подземных вод .....	53
3.3.5. Характеристика основных компонентов-загрязнителей вод родников и их влияние на здоровье человека .....	55

Глава 4. Социальная ответственность.....	60
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	61
4.2. Производственная безопасность .....	62
4.3. Анализ вредных и производственных факторов .....	63
4.3.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	65
4.3.3. Расчет искусственного освещения .....	67
4.4. Анализ опасных факторов и мероприятия по их устранению .....	68
4.5. Экологическая безопасность .....	72
4.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	73
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	75
5.1 Предпроектный анализ .....	76
5.2 Затраты времени и цены на проведение многокомпонентного анализа состава вод.....	77
5.3 Затраты времени на производство работ .....	78
5.4 Расчет затрат труда в лаборатории.....	78
5.5. Расчет  расходов материалов на проведение полевых .....	79
5.6. Расчет стоимости лабораторных работ .....	79
5.7. Расчеты стоимости основных расходов на геоэкологические работы ..	80
5.8. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.....	85
5.9. Оценка сравнительной эффективности исследования .....	90
Вывод.....	94
Список использованных источников и литературы.....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	100

## **Введение**

На территории г. Томска имеется большое количество естественных выходов подземных вод на дневную поверхность в виде родников. Они являются одним из стратегических объектов природы. При возникновении чрезвычайной ситуации родники могут выступать как единственные источники питьевой воды для населения. В настоящее время подземные входы в виде родников активно используются населением города в питьевых целях, как аналог чистой природной питьевой воды, а оценка их качества носит описательный характер – вкусная, прозрачная, чистая и пр.

Но в настоящее время городские территории испытывают значительную техногенную нагрузку, что в свою очередь отражается на составе подземных вод и их качестве.

Получение информации о химическом составе вод родников позволит проследить характер влияния антропогенного фактора на состояние подземных вод территории г. Томска.

Значительное количество родников зафиксировано в пределах исторической части города на территории Сибирского ботанического сада и Университетской рощи Томского государственного университета. Эта группа родников представляет особую культурно-историческую, ландшафтно-эстетическую, водохозяйственную и практическую значимость. В этой связи наблюдения за химическим составом вод родников и оценка их качества позволит оценить влияние антропогенного фактора на подземные воды городской территории и принять своевременные меры по снижению негативного воздействия на воды и сохранить их качество, что является весьма актуальным.

**Цель работы** – изучить химический состав вод родников, оценить особенности их временной изменчивости и установить влияние на них антропогенного фактора.

### **Задачи:**

1. Изучить природно-климатические и гидрологические условия формирования состава подземных вод городской территории г. Томска;
2. Определить химический состав природных подземных вод родников группы «Университетские»;
3. Оценить качества вод родников группы «Университетские»;
4. Установить основные источники негативного воздействия на подземные воды.

**Объектом** исследования являются природные подземные воды городской территории г. Томска – группа родников «Университетские».

**Исходные данные и методы исследования.** В основу работы положены данные наблюдений за составом природных подземных вод родников (основные катионы и анионы, биогенные вещества, микроэлементы и обобщенные параметры состава вод), представленных в периодической и научной литературе, а также данные полевых и лабораторных исследований состава вод, полученных автором в рамках научно-исследовательских работ в период прохождения практики. Отбор проб воды проводился автором совместно с сотрудниками ПНИЛ ГГХ ИШПР ТПУ вовремя специально организованных выходов. Отобранные пробы транспортировались в аккредитованную лабораторию ПНИЛ ГГХ, где производились лабораторные исследования химического состава вод с применением методов титриметрии, спектрофотометрии, потенциометрии и пр. Оценка экологического состояния и качества вод проводилась на основе анализа данных по расчетным коэффициентам (коэффициент по предельно-допустимым концентрациям ( $K_{пдк}$ )).

**Научная новизна.** В ходе проведенной работы на исследуемой территории были получены новые данные о качественном и количественном составе подземных вод городской территории, проанализирован и обобщен фактический материал о распространенности в водах широкого спектра химических компонентов за 3-х летний временной период. На основании



полученных результатов был произведен глубокий анализ влияния антропогенного фактора, характерного для г. Томска на экологическое состояние природных подземных вод данной территории.

**Апробация работы.** Основные положения и отдельные разделы выполненной работы докладывались на научном симпозиуме студентов, аспирантов и молодых ученых им. Академика М.А. Усова (Томск, 2021 г.).

Работа выполнена в ПНИЛ ГГХ ИШПР ТПУ и является составной частью научно-исследовательской работы лаборатории. По теме диссертации опубликована 1 работа.

**Благодарность.** Выражаю благодарность сотрудникам ПНИЛ ГГХ ИШПР ТПУ Сметаниной И.В., Хребтовой Д.С., Куровской В.В., Погуца А.С. в организации полевых работ и лабораторных исследований.

Выражаю глубокую признательность своему научному руководителю, доценту отделения геологии, кандидату геолого-минералогических наук Хвацевской А.А. за ее ценные советы и объективную критику при подготовке магистерской работы.

Особую признательность хочется выразить своей семье за оказанную моральную поддержку.

## Глава 1. Основные факторы формирования подземных вод

### 1.1. Физико-географическая характеристика территории

Исследуемый участок располагается на территории г. Томска, являющегося административным центром Томской области. Город расположен на юго-востоке области на правом берегу р. Томи. Томская область входит в Сибирский федеральный округ и граничит с Кемеровской, Новосибирской областями на юге, с Омской областью на юго-западе, с Ханты-Мансийским автономным округом на севере, западе и северо-западе, с Красноярским краем на северо-востоке и востоке [1].

Площадь города составляет 294,6 км<sup>2</sup>. Томск разделён на 4 внутригородских административно-территориальных образований: Кировский, Советский, Ленинский и Октябрьский районы (рисунок 1) [1].



Рисунок 1 – Карта-схема административного деления г. Томска [1]

Численность населения по состоянию на 1 января 2020 года 597 819 человек [2]. По числу жителей Томск относится к средним для России городам.

Объект исследования (родники «Университетские») приурочен к территории Кировского района города и находятся на территории Московско-трактовой ландшафтно-родниковой мегазоны. Последняя протягивается вдоль Московского тракта и улицы Источной, охватывая надпойменную террасу и склон прибрежной части реки Томи от коммунального моста и до устья реки Ушайки. Данная акватория расположена в исторической части г. Томска, на въезде в город со стороны коммунального моста и фактически является визитной карточкой областного центра. Карта - схема исследуемой территории представлена на рисунок 2.

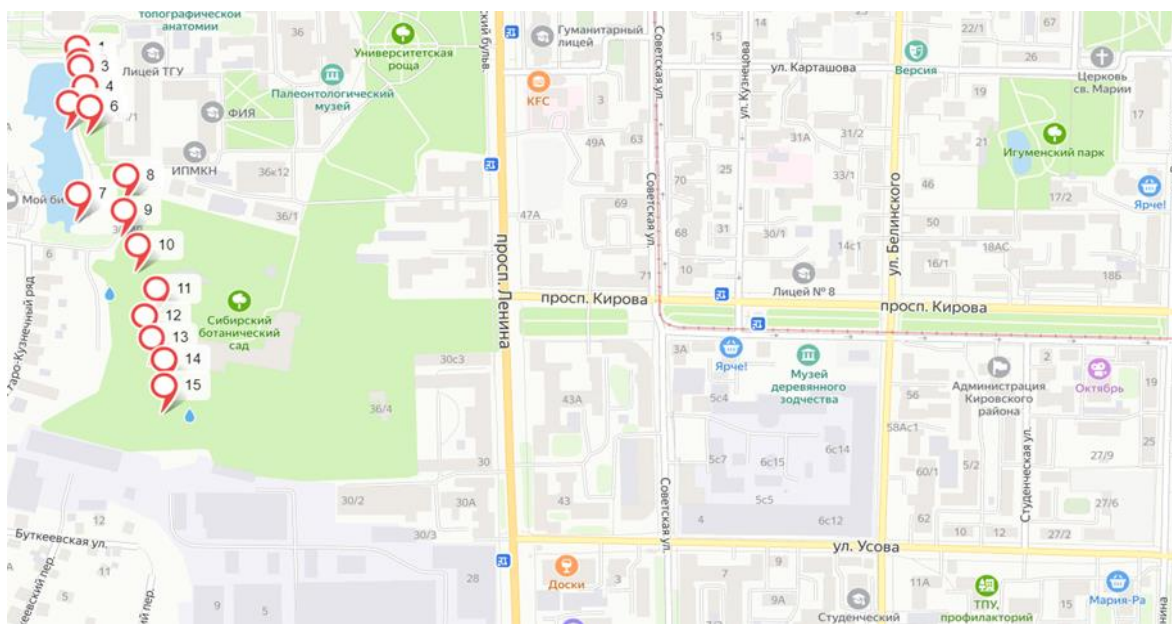


Рисунок 2 – Карта - схема территории исследования (яндекс карта)

## **1.2. Рельеф**

Город Томск расположен в юго-восточной части Западно - Сибирской низменности. С запада территория оконтурена долиной реки Томи, на востоке, постепенно повышаясь, переходит в Томь-Чулымский водораздел. Наиболее высокие отметки водоразделов в южной части достигают 190-230 м, снижаясь до 120-150 м абсолютной высоты – в северной [3].

Рельеф городской территории, имеющей общую экспозицию запад-северо-запад, осложнен террасными комплексами долин реки Томь и ее притоков - Ушайки, Киргизии и Басандайки. Плавно примыкающие к водоразделу и между собой уступы террас часто заканчиваются склонами различной крутизны с уклоном от 5-10 до 50-60 градусов и относительной высотой до 50-60 м. Минимальные отметки рельефа вдоль кромки воды в реке Томь - 68-70 м абсолютной высоты. [5].

Особенностью городского рельефа является сочетание относительно ровных участков поверхности со значительными участками склонов речных долин, где в силу особенностей гидрогеологических условий происходит сброс грунтовых вод, в некоторых случаях активизируются склоновые процессы. Наряду с этим на территории с крутыми, часто обрывистыми склонами имеется множество глубоких, интенсивно развивающихся оврагов [5].

## **1.3. Климат**

Климат в районе г. Томска резко континентальный с холодной продолжительной зимой и сравнительно жарким летом. Среднегодовая температура воздуха -0,6 градусов Цельсия. Максимум температур (более 30 градусов) приходится на июль, минимум (до 45 градусов и более).

Количество осадков на исследуемой территории превосходит величину испарения.

Среднегодовая сумма осадков составляет 536 мм в год. Максимум приходится на июль -77 мм, минимум на февраль – 15 мм. Летом часты ливни и грозы. Количество осадков превосходит величину испарения.

Преобладающее направление ветра – южное и юго-западное, летом довольно часты ветры северного румба. Средняя скорость ветра 4-5 м/с. Наибольшая скорость ветра (до 14-20 м/с) наблюдается ранней весной и поздней осенью [2, 3, 7].

#### **1.4. Гидрография и гидрология**

Основной водной артерией г. Томска является река Томь. Направление течения – северо-западное. Наиболее крупными притоками Томи являются реки: Ушайка, Басандайка, Киргизка. В пределах города и до устья Томь – типично равнинная река. Ширина ее русла на этом участке в межень 500-600 м. Долина реки достигает 1,5 км в ширину и имеет хорошо выраженную асимметричную форму.

Наибольшие уровни в Томи характерны для весеннего ледохода (870-310 см), а наименьшие для летне-осеннего периода (89-46 см). Продолжительность ледохода -10 дней. Раннее начало ледохода -11 апреля, позднее- 29 апреля. Раннее окончание – 22 апреля, позднее – 9 мая. Во время ледохода вода в реке поднимается до 5-6 м. Паводок в это время движется со скоростью до 3,88 м/с, разрушая все на своем пути.

Притоки реки Томи – Басандайка, Ущайка, Киргизка имеют западное, северо-западное направление. Долины рек хорошо разработаны. В палеозойских породах долины имеют небольшую ширину (75-100 м), крутые склоны, течение воды довольно быстрое с большим количеством перекатов. Протекая по участкам рыхлых пород, реки имеют медленное течение, ширина долины достигает 500-600 м, расходы речек в межень колеблются в пределах 1,2-1,8 м<sup>3</sup>/с при скорости в среднем 0,1-0,6 м/с, ширина их русла 20-30 м, глубина не превышает двух метров.

Режим рек находится в большой зависимости от выпадающих атмосферных осадков в полном соответствии с режимом грунтовых вод.

Река Томь относится к числу крупных многоводных рек. Ее воды принадлежит к гидрокарбонатному классу и имеет довольно низкую минерализацию, не превышающую в мае месяце 100 мг/л.

Наличие хозяйственных и жилых объектов в речных долинах обуславливает необходимость создания водоохраных зон и прибрежных защитных полос. На территории Томской области реальное состояние этих зон и полос во многих случаях оценивается как неудовлетворительное – долины малых рек вблизи населенных пунктов и автодорог в той и иной мере захламлены и (или) загрязнены; несмотря на запрет, местным населением осуществляется мойка автотранспорта в местах, не предназначенных для этого; проводится застройка местности, расширение территорий, занятых садовыми участками, и так далее [5].

### **1.5. Геологические условия**

В тектоническом отношении территория района города Томска расположена на сочленении двух структур: эпигерцинской Западно-Сибирской плиты и герцинид Томь-Колыванской складчатой зоны. Этим обусловлены все особенности геологического строения участка. В разрезе выделяют два структурных этажа: внизу – верхнепалеозойский складчатый фундамент, представленный песчано-глинистыми сланцами нижнего карбона, прорванный дайками диабазов, предположительно юрского возраста; в верхней части – полого залегающий платформенный чехол мел-кайнозойского возраста [6].

Родники в основном находятся на II и III надпойменных террасах. В водоносных горизонтах присутствуют верхнечетвертичные аллювиальные отложения второй надпойменной террасы рр.Томи, Ушайки, Киргизки ( $Q^2_{III}$ ); верхнечетвертичные аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы р.Томи ( $Q^3_{III}$ ). Геологическая карта территории представлена на рисунке 3.

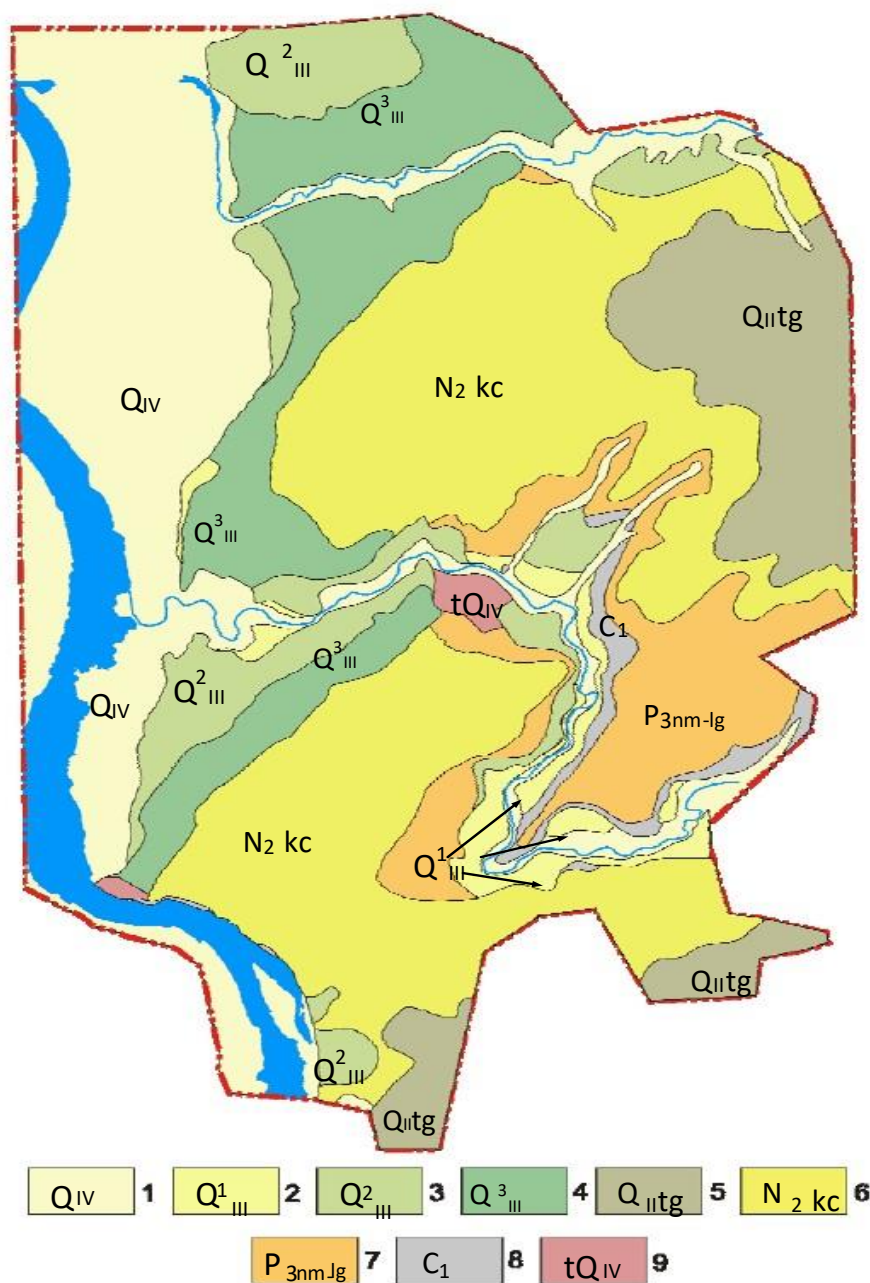


Рисунок 3 – Геологическая карта территории г.Томска

М 1:25000 (Егоров Б.А.,1997г.): [5]

1 – современные аллювиальные отложения пойм ( $Q_{IV}$ ); 2 – верхнечетвертичные аллювиальные отложения первой надпойменной террасы рр.Томи, Ушайки ( $Q_{III}^1$ ); 3 – верхнечетвертичные аллювиальные отложения второй надпойменной террасы рр.Томи, Ушайки, Киргизки ( $Q_{III}^2$ ); 4 – верхнечетвертичные аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы р.Томи ( $Q_{III}^3$ ); 5 – среднечетвертичные озерноаллювиальные отложения тайгинской свиты ( $Q_{IItg}$ ); 6 – верхнечетвертичные плиоценовые отложения кочковской свиты ( $N_2 \text{ kc}$ ); 7– верхнечетвертичные олигоценовые отложения новомихайловской и лагерносадской свит ( $P_{3nm-lg}$ ); 8 – нижнекаменноугольные отложения ( $C_1$ ); 9 – техногенные отложения ( $tQ_{IV}$ ).

**Палеогеновые отложения (Р)** в пределах территории г.Томска имеют почти повсеместное распространение, за исключением долины р.Ушайки, где осадки четвертичного и неогенового возрастов залегают непосредственно на породах палеозоя и их коре выветривания. Палеогеновые отложения в пределах территории г.Томска представлены осадками эоценового и олигоценового возраста – люливорской и юрковской свитами и олигоценовыми отложениями новомихайловской и лагернотомской свит [4, 5].

### **1.6. Гидрогеологические условия**

Гидрогеологические условия территории г. Томска предопределяются особенностями геологического строения. На рисунке 4 представлена схематическая гидрогеологическая карта г.Томска.

В разрезе выделяются два структурных этажа. Основание представлено плотными дислоцированными трещиноватыми породами палеозоя, на котором залегают рыхлые песчано-глинистые отложения мезокайнозойского возраста (рисунок 5, 6). Роль разделяющего слоя между ними выполняет глинистая кора выветривания мел-палеогенового возраста, имеющая переменную мощность и представленная водоупорными глинами.



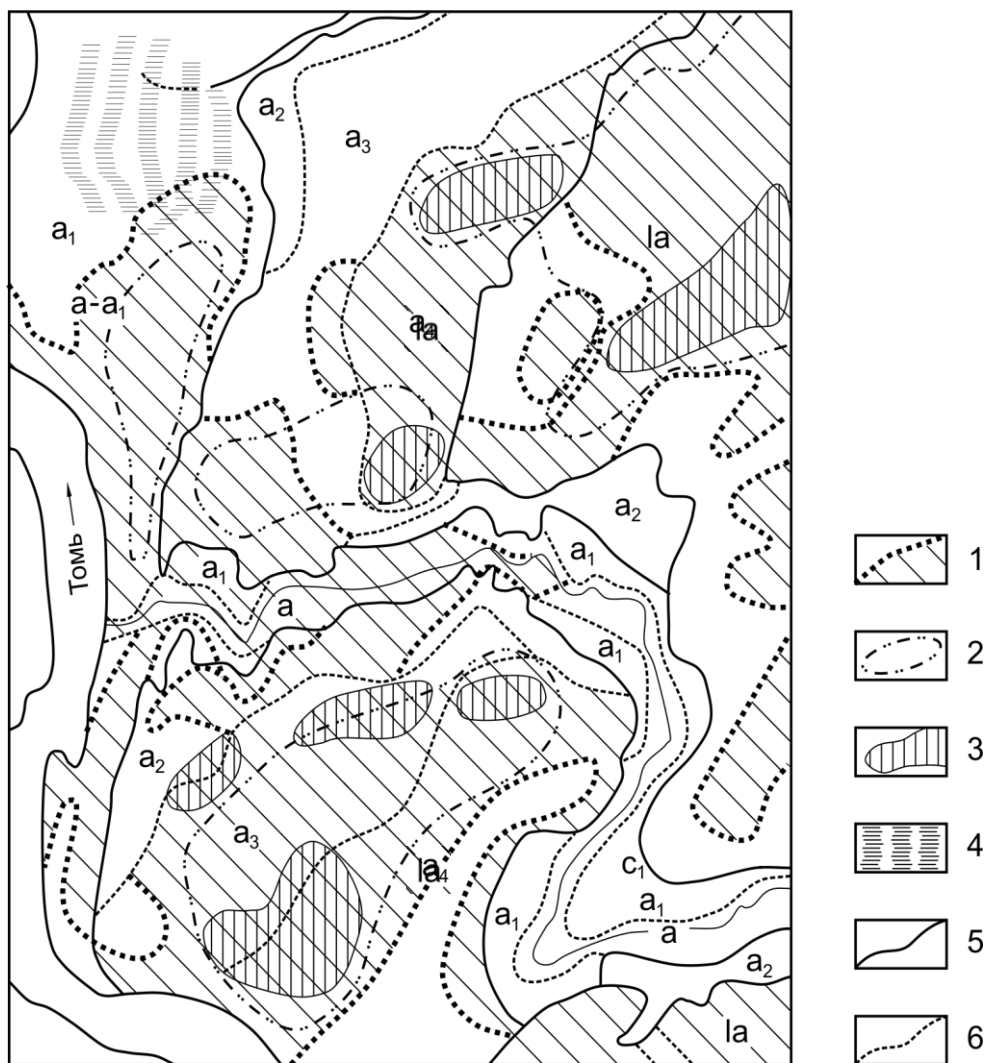


Рисунок 4 – Схематическая гидрогеологическая карта г. Томска (Покровский и др., 1987) [8]

1 – территории, имеющие строение, благоприятное для формирования техногенной верховодки и процессов подтопления; 2 – контуры развития верховодки; 3 – участки развития подтопления; 4 – заболоченные участки; 5 – границы водоносных горизонтов; 6 – границы геоморфологических элементов. Буквами обозначены водоносные горизонты низких (а – низкая и высокая поймы, а<sub>1</sub> – первая надпойменная) и высоких (а<sub>2</sub> – вторая, а<sub>3</sub> – третья, а<sub>4</sub> – четвертая надпойменные) террас, водораздела (la) и водоносный комплекс карбоновых отложений (с<sub>1</sub>).

В пределах г. Томска и прилегающих территорий выделены водоносные комплексы четвертичных, палеогеновых, меловых и нижнекаменноугольных отложений. Верхняя часть гидрогеологического разреза сложена рыхлыми породами (рисунок 5). Водоносный комплекс нижнекаменноугольных

отложений образован трещиноватыми породами палеозойского фундамента [8].

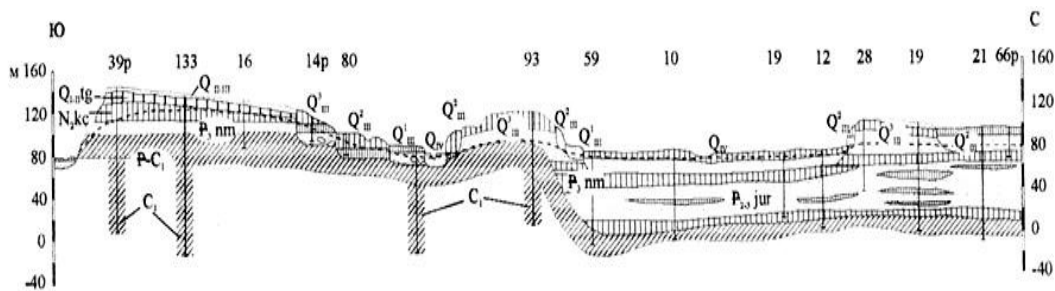


Рисунок 5 – Гидрогеологический разрез по линии Лагерный сад – Черемошники  
(по Г.Л.Плевако, 1987)

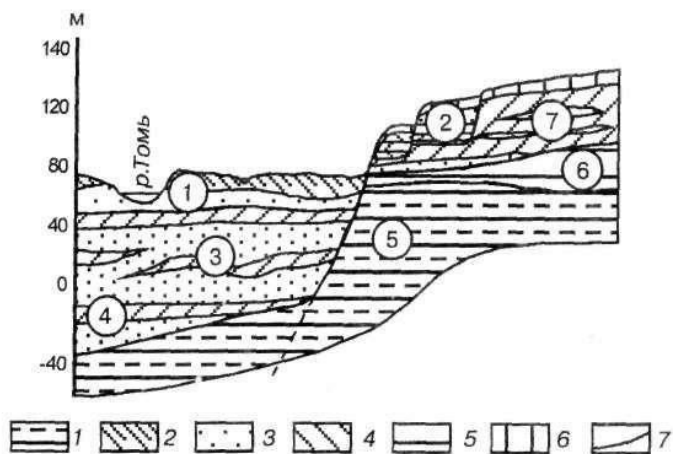


Рисунок 6 – Схема залегания водоносных горизонтов (Покровский, Кузеванов, 1999):

1 – аргиллиты, алевролиты, песчаники; 2 – суглинки; 3 – пески; 4 – супеси; 5 – глины; 6 – покровные отложения; 7 – литологические границы. Цифры в кружках – водоносный горизонт: 1 – низких террас, 2 – высоких террас, 3 – отложений палеогена; 4 – водоносный комплекс меловых отложений; 5 – мел–палеогеновая кора выветривания; 6 – коры выветривания; 7 – водоносный горизонт отложений водораздела

## 1.7. Особенности антропогенной нагрузки на исследуемую территорию

Исследуемая территория приурочена и занимает часть Кировского района города Томска.

На обозначенном участке сосредоточено значительное количество различных объектов социально - культурного назначения, жилых микрорайонов, часть производственных предприятий. Здесь расположены

учебные и административные корпуса Томского государственного и Томского политехнического университетов, Сибирского медицинского университета, Госпитальные клиники, жилые помещения, студенческие общежития, здания и экспериментальные площадки Сибирского ботанического сада. В непосредственной близости к территории исследования примыкают корпус Кибернетического центра, корпуса Томского электролампового и Томского электромеханического заводов.

На указанной территории присутствует множество кафе и пунктов общественного питания, магазины.

Жилые микрорайоны заставлены большим количеством автотранспорта. Причем, часто парковка автомобилей осуществляется на газонах, а это влечет нарушение травяного покрова, вынос на дорожную поверхность почвенно-гравийного материала и его последующее попадание в ливневый сток.

Значительная часть площади района находится под автомагистралями. По ней проходят два крупных проспекта – Ленина и Кирова. Загруженность автомагистралей на данном участке считается одной из высоких в городе. Поступающие с выхлопными газами углеводороды оседают на дорожную поверхность и попадают в ливневые стоки с автомагистралей.

Для предупреждения гололедных явлений на дорогах спецавтохозяйства посыпают дороги песчаными смесями, содержащими соль, что вызывает возрастание содержанием натрия и хлора в ливневых стоках с автодорог.

Отходы строительного мусора выделяются отдельной строкой среди источников воздействия на природную среду. На оконечности Сибирского ботанического сада в районе озера Университетское отмечаются большие объемы спрессованных отходов строительного мусора и блоки разрушенных зданий. Часть территории Томского электромеханического завода сложена отходами строительного мусора и разрушенных зданий и в виде склона сформирована на западной оконечности озера Политехник.

На территории водосбора имеется значительное скопление мусора в виде отходов пищевой продукции и упаковочного материала.

Фотоснимок территории с элементами техногенной нагрузки представлен на рис. 7.



Рисунок 7 – Антропогенное воздействие на подземные воды (фото яндекс)

#### Условные обозначения:



- мусорные баки ;



- автотрасса;



- ТЭМЗ.

Анализ информации по техногенной нагрузке на исследуемую территорию показал, что основными видами негативного воздействия на подземные воды являются:

- ливневые сточные воды с территорий промышленных площадок заводов, жилых микрорайонов и автодорог;
- несанкционированные мусорные свалки;
- места организованного сбора мусора с жилых домов;
- несанкционированные парковки автомобилей и пр.

В результате этого в подземные воды возможно попадание следующих загрязняющих веществ: взвешенные вещества, соединения азота, хлориды, нефтепродукты, тяжелые металлы, радиоактивные отходы, и др.

Характер рельефа исследуемой территории способствует осложнению экологического состояния водных объектов. Из рис. 8 видно, что в районе пересечения пр. Кирова и пр. Ленина имеется участок с выраженным уклоном местности. Образующиеся на ней ливневые сточные воды попадают на территорию, приуроченную к области питания родников, принося значительную часть загрязняющих веществ.



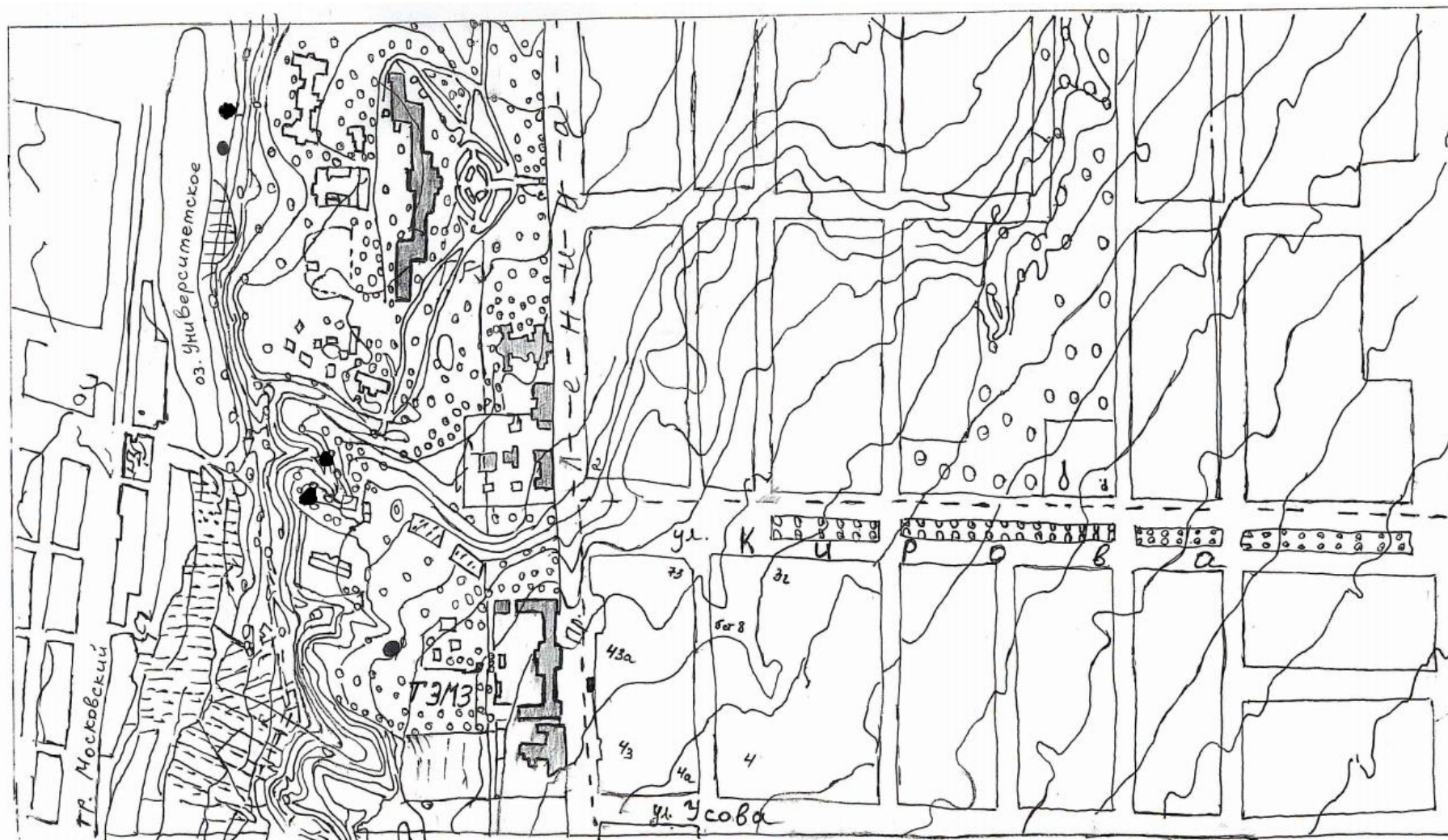


Рисунок 8 – Схема рельефа исследуемой территории.

## **Глава 2. Методика исследований**

Изучение особенностей разгрузки подземных вод городской территории в виде родников включало несколько этапов:

- предварительное знакомство с материалами исследований, выполненных ранее по данному объекту (2009-2019 гг.);
- полевые наблюдения и отбор проб вод;
- химический анализ вод;
- описание объектов исследования;
- анализ данных химического состава исследуемых вод;
- оценка экологического состояния подземных вод.

### **2.1. Полевые работы**

Полевые работы проводились в осенний период в октябре 2020 г. и включали в себя:

- исследование и описание мест выхода родников на дневную поверхность;
- отбор проб воды из источников;
- измерение температуры воды и расхода.

Для опробования выбраны родники, расположенные в пределах рекреационного участка, а также местах с явной техногенной нагрузкой и наиболее часто используемые населением в питьевых целях.

В процессе наблюдений автором исследовано 5 родников. Погода во время отбора проб была солнечная, температура воздуха 12 °С, безветренная.

Пробы воды отбирались в чистую пластиковую или стеклянную посуду. Для проведения общего химического анализа природной воды объем пробы составлял 1,5 л. Перед отбором пробы воды бутылку 3-хкратно ополаскивали исследуемой водой. Наполняли бутылку водой доверху так, чтобы некоторое количество воды перелилось через край. Плотнo закрывали бутылку с водой так, чтобы между пробкой и водой не осталось прослойки воздуха.

## **2.2. Лабораторные работы**

Исследование химического состава вод родников проводилось в Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ИШПР ТПУ. Для определения макро- и микрокомпонентного состава вод, определения биогенных компонентов и физических параметров вод использовались следующие методы: П- потенциометрический метод; Т- турбидиметрический метод; ИХ- ионная хроматография; ФК- фотоколориметрический метод; Конд.- кондуктометрия;. МС-ИСП – масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой. В водах определялись следующие компоненты: элементы карбонатной системы, сульфат-, хлорид-ионы, ионы натрия, калия, кальция, магния, соединения группы азота и фосфора, величина перманганатной окисляемости, микрокомпоненты от лития до урана, а также величина рН, удельная электропроводность, общая жесткость.

Анализ вод проводился сотрудниками ПНИЛ ГГХ – инженерами Хребтовой Д.В., Куровской В.В., Погуца А.С., за что им выражается огромная благодарность.

Определение величины рН и удельной электропроводности проводилось автором в лабораторных условиях под руководством инженера ПНИЛ ГГХ ИШПР Хребтовой Д.С.

## **2.3. Камеральные работы**

Камеральные работы включали в себя составление базы данных по химическому составу исследуемых вод родников и описание мест выходов подземных вод.

Для написания отчета был использован программный комплекс Microsoft Office Word 2010. Рисунки составлены с помощью Яндекс карт и графического редактора PhotoFiltre Studio X 2010.



### **Глава 3. Объект исследования**

#### **3.1. Общие сведения о месте расположения родников**

Подземные воды городской территории г. Томск исследованы на примере их естественных выходов на дневную поверхность – родников. В работе использована группа родников «Университетские» или «Ботанические», получивших название по их территориальному расположению в пределах Университетской рожи Томского государственного университета и Сибирского ботанического сада г. Томска. Их обозначенные выходы имеются в надпойменной террасе и на склоне прибрежной части реки Томь. Родники обеспечивают водный баланс водных объектов исследуемой территории и главной артерии г. Томск р. Томи и питают озеро Университетское. Родники выходят на склоне и приподняты над озером, воды стекают в дренаж, затем поступают в озеро. Данная зона большей своей частью входит в состав водоохранной зоны р. Томь [10,11].

Исследуемые объекты приурочены к исторической части г. Томска. Рядом находятся исторические и культовые сооружения: Белая и Красная мечети, Татарская слобода, памятники культурного наследия России - Томский политехнический университет, Томский государственный университет, Сибирский государственный медицинский университет, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, мэрия города, историческая Новособорная площадь. Отмеченный факт обуславливает особую культурно – историческую, ландшафтно – эстетическую, водохозяйственную, архитектурно – градостроительную, заповедно – природоохранную, эколого – рекреационную, экскурсионно – просветительскую, образовательную и практическую значимость этих родников [11].

Родники, питающие Университетское озеро, были известны с XIX века. Инженером Николаем Ренкулем в 1895 году был построен университетский водопровод. Когда-то ключи этого родника были соединены деревянными трубами в единую систему. Вода стекала в четыре колодца глубиной почти

пять метров. Из них живительную влагу переносили в водонапорную башню. Так, при помощи матушки-природы и нехитрых деревянных приспособлений инженер Н. А. Ренкуль в 1898 году построил первый настоящий централизованный водозабор для университетского городка за счет подземных вод. Система заполнялась водой из родников и её хватало не только всему университетскому городку, но и соседним районам, при этом современники отмечали ее замечательные качества. Раньше эти родники приносили порядка ста кубометров воды в сутки. Под университетским склоном в 19 веке были десять родников. Семь из них существуют до сих пор. Один из «Университетских» родников назван в честь основателя в 1885 году Сибирского ботанического сада П.Н. Крылова [12].

Образование источников может быть обусловлено различными факторами:

1. пересечением водоносных горизонтов отрицательными формами современного рельефа (например, речными долинами, балками, оврагами, озёрными котловинами);
2. геолого-структурными особенностями местности (наличием трещин, зон тектонических нарушений, контактов изверженных и осадочных пород);
3. фильтрационной неоднородностью водовмещающих пород и др.

Всего на исследуемой территории по данным ряда авторов (Назаров А.Д., 2015) насчитывается порядка 15 источников. В данную работу включены исследования по 5 родникам.

Схема расположения родников представлена на рис. 9.

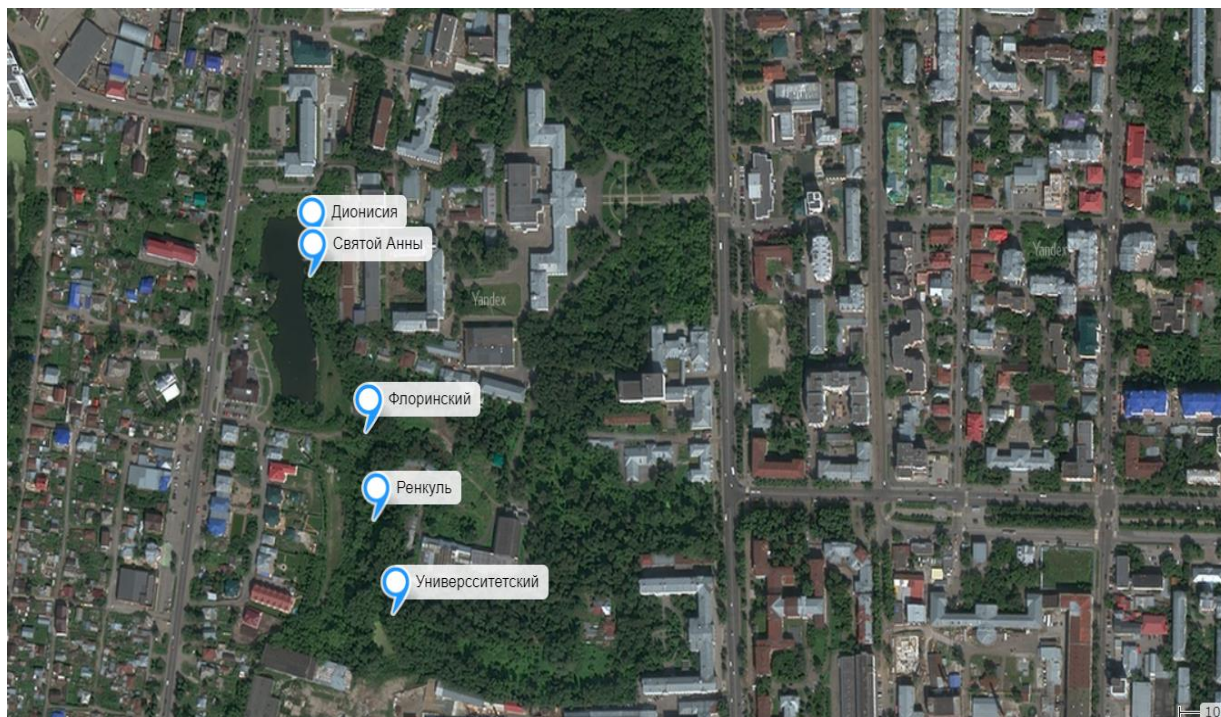


Рисунок 9 – Схема расположения родников «Университетские», г. Томск (Яндекс карта)

### 3.2. Характеристика родников

В ходе проведения работ на территории исследования опробовано 5 родников группы «Университетские»: Дионисия, Святой Анны, Флоринский, Ренкуль, Университетский.

#### Родник Дионисия

Родник Дионисия располагается на западном берегу оз. Университетское в 50 м от родника Алена. Источник рассредоточенный, нисходящий. Вода в роднике имеет благоприятные органолептические свойства, она прозрачная, без цвета и без запаха. Расход воды 0,16 л/с, температура воды  $T = 7^{\circ}\text{C}$ .

Поступление воды из родника и ее дальнейшее движение осуществляется по искусственной дренажной канаве и железной трубе. Статус родника: ландшафтный [11]. Место выхода родника представлено на рис. 10.





Рисунок 10 – Родник Дионисия (фото автора)

### Родник Святой Анны

Родник Святой Анны располагается на западном берегу оз. Университетское. Родник нисходящий и имеет один выход, огорожен камнями. Расход воды в роднике 0,21 л/с или 18 м<sup>3</sup> сутки. Воды родника прозрачные, бесцветные и не имеют запаха. Температура воды 9°C.

Место выхода родника представлено на рисунке 11.



Рисунок 11 – Родник Святой Анны (фото автора)



# Родник Флоринский

Родник Флоринский находится в лесном массиве на юго-востоке Университетского озера и имеет один выход. Воды родника прозрачные, без запаха. Расход воды 0,25 л/с, температура 13° С. Место выхода родника представлено на рисунке 12.



Рисунок 12 – Родник Флоринский (фото автора)

# Родник Ренкуль

Родник Ренкуль расположен в 30 м от родника Флоринского на той же гипсометрической отметке склона. Выход родника оборудован водоприемной деревянной бочкой. В настоящее время бочка свою функцию не выполняет. Ложе родника песчано-галечное. Источник нисходящий, вода без цвета и не имеет запаха. Расход воды в роднике = 0.75 л/с, температура воды 10<sup>0</sup> С. Место выхода родника представлено на рисунке 13. Отбор пробы воды производился на 20 м ниже выхода в месте с хорошим расходом.



Рисунок 13 – Родник Ренкуль (фото автора)

## Родник Университетский

Родник Университетский расположен на северной границе чаши Университетского озера и северной части озера Политехнического. Родник нисходящий, оборудован железным каркасом. Сток воды осуществляется через лотки. Вода чистая, не имеет запаха. Расход воды 1,15 л/с, температура воды 9,5°C. Место выхода родника представлено на рисунке 14.



Рисунок 14 – Родник Университетский (фото автора)

### 3.3. Химический состав вод родников

Особенности химического состава вод родников определялись по содержанию в них основных макрокомпонентов – анионов  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  и катионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , ряда микрокомпонентов, соединений группы азота -  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , а также по величине ряда обобщенных параметров – минерализация, общая жесткость, перманганатная окисляемость, удельная электрическая проводимость, рН. Химический анализ выполнялся в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ИШПР ТПУ инженерами Хребтовой Д.С., Куровской В.В., Погуца А.С. с участием автора. Определение выше отмеченных параметров состава вод проводилось по методикам, включенным в федеральный информационный фонд с использованием методов титриметрии,

потенциометрии, кондуктометрии, фотоколориметрии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

### **3.3.1. Современное состояние**

Исследования химического состава вод родников и оценка их современного состояния проводились в октябре 2020 г. Содержание основных макрокомпонентов, биогенных веществ и обобщенных параметров вод представлено в таблице 1. Согласно этих данных, по классификации О.А. Алекина [12] воды родников относятся к пресным гидрокарбонатным кальциевым. Минерализация вод колеблется в пределах от 673 до 779 мг/л. Ее минимальная величина отмечена в водах родника Дионисия, наибольшая в роднике Ренкуль. По величине рН воды являются нейтральными либо слабощелочными, с преобладанием последнего типа. Это наблюдается в водах родников Святой Анны, Флоринского и Ренкуля. По степени общей жесткости воды всех родников являются жесткими с колебанием этого показателя в диапазоне 7,4-8,7 °Ж.

Анионный состав вод характеризуется преобладанием гидрокарбонат – иона, а катионный иона кальция, что характерно для природных подземных вод Томского района и г. Томска в частности. Однако, в анионном составе вод отмечается значительное количество сульфат – иона до 12 % экв. и хлорид – иона до 16 % экв., а в катионном ионов магния и натрия до 18 и 21 % экв. соответственно. Обобщенные формулы солевого состава вод и их химических типов представлены в таблице 2.

Таблица 1- Химический состав вод родников группы «Университетские» г. Томск (октябрь, 2020 г.)

№ п/п	Наименование родника	pH	УЭП*	М*	CO <sub>2</sub>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	О.ж*	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Fe <sub>общ</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	П.Ок.*	
Ед. изм.		ед.рН	мS/см		мг/л					мг-экв/л	мг/л					мг/л				
ПДК [19]		6-9	2,5	1000-1500				500	350	7-10			200		0,3	2,5	3,0	45	5-7(2)*	
Среднее содержание в провинции умеренного климата [13]		7,41		420	31		313	0,37	5,26	3,5	66	15	13.6	1,24	0,68	0,65	0,011	0,025		
1	Дионисия	7,5	0,74	673	<b>40,1</b>	<3,0	420	53	23	7,60	120	19,5	<b>28,10</b>	<b>8,9</b>	0,21	<0,05	0,08	<b>22,8</b>	1,88	
2	Святой Анны	7,95	0,83	763	5,28	<3,0	448	56	<b>60</b>	8,70	140	20,7	<b>36,00</b>	2,1	0,17	<0,05	<0,02	9,3	1,42	
3	Флоринский	8,1	0,79	736	<3,0	7,8	440	59	45	7,60	120	19,52	<b>47,70</b>	4,9	<b>0,55</b>	0,96	0,07	5,2	<b>3,28</b>	
4	Ренкуль	7,9	0,86	779	5,28	<3,0	470	63	40	8,60	144	17,08	<b>43,60</b>	1,2	0,20	<0,05	0,02	23	1,1	
5	Университетский	7,4	0,78	693	30,8	<3,0	418	56	35	7,40	116	19,52	<b>46,00</b>	2,1	0,17	<0,05	0,35	27	1,34	

\* УЭП – удельная электрическая проводимость, М - минерализация О.ж. - общая жесткость, П.Ок. – перманганатная окисляемость;



Таблица 2 - Характеристика ионно – солевого состава вод родников

Наименование родника	Тип вод*	Химический тип**	Формула солевого состава (Курлова)
Дионисий	HCO <sub>3</sub> - Ca	HCO <sub>3</sub> SO <sub>4</sub> Cl – Ca Mg Na	HCO <sub>3</sub> 77 SO <sub>4</sub> 12 Cl 7NO <sub>3</sub> 4 М 0,67----- pH 7,5 Ca 66 Mg 18 Na 14 K 2
Святой Анны	HCO <sub>3</sub> - Ca	HCO <sub>3</sub> SO <sub>4</sub> Cl – Ca Mg Na	HCO <sub>3</sub> 72 Cl 16 SO <sub>4</sub> 11 NO <sub>3</sub> 1 М 0,76----- pH 7,5 Ca 68 Mg 16 Na 15 K 1
Флоринский	HCO <sub>3</sub> - Ca	HCO <sub>3</sub> SO <sub>4</sub> Cl – Ca Mg Na	HCO <sub>3</sub> 74 Cl13SO <sub>4</sub> 13 NO <sub>3</sub> 1 М 0,74----- pH 7,5 Ca 62 Mg 16Na 21 K 1
Ренкуль	HCO <sub>3</sub> - Ca	HCO <sub>3</sub> SO <sub>4</sub> Cl – Ca Mg Na	HCO <sub>3</sub> 72 Cl11SO <sub>4</sub> 13NO <sub>3</sub> 4 М 0,78----- pH 7,5 Ca 69 Mg 13 Na 18
Университетский	HCO <sub>3</sub> - Ca	HCO <sub>3</sub> SO <sub>4</sub> Cl – Ca Mg Na	HCO <sub>3</sub> 73 Cl 10SO <sub>4</sub> 12 NO <sub>3</sub> 5 М 0,69----- pH 7,5 Ca 61 Mg 17 Na 21 K 1

\*Тип вод включает компоненты с содержанием более 25 % экв.

\*\* Химический тип включает компоненты с содержанием более 10 % экв.

Наблюдаемые в исследуемых водах содержания сульфат– и хлорид – ионов превышают их природные фоновые концентрации в 20 либо в 30 раз. Отмеченное высокое количество иона натрия, находящееся в пределах 28–48 мг/л превышает природные фоновые значения в 2-3 раза.

Воды родников Дионисия и Университетский характеризуются высоким содержанием свободной углекислоты до 40 мг/л. В тоже время в водах остальных родников ее количество составляет 5,28 мг/л либо менее 3,0 мг/л.

Из соединений группы азота в водах всех родников наблюдается нитрат – ион. Его наименьшее значение 5,2 мг/л зафиксировано в водах родника Флоринский, а наибольшее 27 мг/л в роднике Университетский. В последнем присутствует и нитрит-ион, содержание которого в нем максимально (0,35 мг/л) и более того на порядок превышает количество, отмечаемое в водах остальных родников. Содержание иона аммония в большинстве родников менее 0,05 мг/л за исключением вод родника Флоринский, где его количество достигает 0,96 мг/л.

На идущий в водах процесс минерализации органического вещества указывает и величина перманганатной окисляемости. Ее уровень приближается к нормативному для природных вод значению (2,0 мгО/л) во

всех исследованных источниках, а в водах родника Флоринский достигает 3,28 мгО/л.

Микроэлементный состав вод родников представлен в таблице 3. Анализ данных показал, что по содержанию большинства исследованных в водах элементов родники имеют схожесть.

Содержание таких элементов как Li, Co, Sr, Ni, Cr, Se, Mo и пр. отмечаются на уровне природных фоновых значений характерных для подземных вод провинции умеренно-влажного климата. Вместе с тем количество многих элементов (Sn, Cu, Ga, Zr, Al, Zn, Ti, Pb, Rb и др.) в рассматриваемых водах значительно ниже, чем в водах провинции умеренного климата [13].

Таблица 3 - Элементный состав вод родников группы «Университетские», г. Томск

Элемент	ПДК, мг/л	Дионисия	Святой Анны	Флоринский	Ренкуль	Университетский
		Содержание, мг/дм³				
1 класс опасности (чрезвычайно опасные)						
Be	0,0002	<0.000003	<0.000003	<0.000003	<0.000003	0,000056
Hg	0,0005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	0,00001
P	0,0001	0,019	0,027	0,11	0,14	0,11
2 класс опасности (высокоопасные)						
Al	0,5	0,0013	0,0031	0,0026	0,014	0,0082
B	0,5	0,10	0,093	0,065	0,070	0,065
Ba	0,1	0,10	0,07	0,05	0,07	0,06
Bi	0,1	<0.000003	<0.000003	0,0000060	0,0000027	0,0000027
Br		0,044	0,044	0,050	0,046	0,043
W	0,05	<0.00001	0,00001	0,00006	0,000012	0,0000098
Co	0,1	0,00055	0,00013	0,00026	0,00019	0,00028
Cd	0,001	<0.000001	<0.000001	<0.000001	0,0000054	0,0000054
Li	0,03	0,0078	0,011	0,0053	0,010	0,0095
Mo	0,25	0,00002	0,0014	0,0013	0,000272	0,000337
As	0,05	0,00034	0,00075	0,0064	0,00045	0,00069
Nb	0,01	<0.000005	<0.000005	0,000041	0,000063	0,000022
Pb	0,03	<0.00002	<0.00002	<0.00002	0,000061	0,000018
Se	0,01	0,00067	0,00060	0,00025	0,00088	0,00075
Sr	7,0	0,55	0,48	0,53	0,56	0,37
Te		<0.000005	<0.000005	<0.000005	<0.000005	<0.000005
Sb	0,05	0,00006	0,00014	0,000054	0,000095	0,00014
Tl	0,0001	<0.000001	<0.000001	0,000010	0,000005	0,0000033
U	0,015	0,0016	0,0026	0,0003	0,0012	0,00063
3 класс (опасные)						
V	0,1	0,00029	0,00090	0,00025	0,0010	0,00069
Fe	0,3	0,21	0,17	0,55	0,20	0,17
Cr	0,1	0,0033	0,0038	0,0029	0,0047	0,0033
Mn	0,1	2,13	0,13	1,48	0,0039	0,20
Ni	0,1	0,0031	0,00058	0,0018	0,00082	0,0015
Ti	0,1	0,00025	0,0012	0,0010	0,0021	0,0012
Rb	0,1	0,00017	0,00069	0,00044	0,00050	0,00023
Cu	1,0	0,00047	0,00055	0,00045	0,00035	0,00048
4 класс (умеренно опасные)						
Zn	1,0	0,0016	0,0039	0,0018	0,00039	0,0040
Si	10	8,20	10,39	9,32	10,72	10,24
Zr		0,000015	0,00007	0,000071	0,0000718	0,000035
Ag	0,05	<0.000005	<0.000005	0,000027	0,000016	0,0000068
Sn		<0.000005	0,000009	0,000014	0,00003	0,000041
Cs		<0.000002	<0.000002	<0.000002	0,0000005	<0.000002
La		<0.0000005	<0.0000005	0,0000025	0,000021	0,00002
Ce		<0.0000005	<0.0000005	<0.0000005	0,000045	0,00003
Pr		<0.0000005	<0.0000005	0,0000010	0,000005	0,0000028
Nd		<0.0000005	<0.0000005	<0.0000005	0,000013	0,00001
Sm	0,024	<0.0000005	<0.0000005	<0.0000005	0,000002	0,000013
Th		<0.000005	<0.000005	0,000016	0,000012	0,000010

Выше региональных фоновых значений отмечается содержание в водах U. Его концентрация колеблется 0,0003 мг/л в водах родника Флоринского до 0,0026 мг/л в водах родника Святой Анны.

Вместе с тем в исследуемых водах выделяются компоненты, содержание которых находится на границе допустимых для питьевых вод норм, либо превышают таковые. К ним относятся: кремний, барий, железо и марганец. Максимальные превышения от 5 до 20 раз отмечено для последних двух показателей и наблюдается в родниках в Флоринский и Дионисия. Так, например, содержание железа отражает региональный фон и находится на уровне 0,2-0,5 мг/л. Следует обратить внимание на то, что отмеченная особенность в составе вод характерна для природных подземных вод Томского района и не связана с антропогенным фактором.

### **3.3.2. Временной характер изменения состава вод родников.**

Характер временного изменения химического состава вод родников проследили по содержанию основных макрокомпонентов, биогенных элементов и физических параметров вод. Для этого использованы данные по химическому составу вод в период с 2016 г. (таблица 4) и по настоящее время.

Анализ данных показал, что средний химический состав вод родников не изменился. Минерализация вод находится в интервале 687-724 мг/л. По величине общей жесткости воды сохранили свою принадлежность и остаются жесткими. Химический тип воды так же остался гидрокарбонатным кальциевым. Хотя для величины рН средние значения стали более высокими и в 2020 г. этот параметр сместился в область щелочных величин в то время как в 2016г. воды были нейтральными либо слабокислыми.

На протяжении всего периода наблюдений в водах отмечается высокое содержание сульфат– и хлорид– ионов, иона натрия и калия.

Несколько улучшилась ситуация по биогенным элементам. В настоящее время в водах на порядок снизилось содержание нитрит-иона до 0,02 мг/л, в то время как в 2016 г. его количество находилось в пределах 0,08 – 0,23 мг-/л. Аналогичная картина имеет место и для иона аммония содержание которого в 2020 г. составило менее 0,02 мг/л, а в 2016 г. 0,67 мг/л в роднике Дионисия.

Вместе с тем содержание нитрат – иона в водах по-прежнему сохраняется высоким на уровне трех десятков мг/л, но не во всех родниках.

Таблица 5 - Химический состав подземных вод родников «Университетские» (20-22.03.2016)

№ п/п	Наименование родника	рН	CO <sub>2</sub>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	О.ж.	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Fe <sub>общ</sub>	М-ция	УЭП	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>
Ед. изм.		ед.рН	мг/л					мг-экв/л	мг/л						мS/с м	мг/л		
ПДК [19]		6-9				500	350	7-10				200	0,3 (1)		2,5	2,5	3,0	45
1	Университетский	7,23	44	3	415	57,31	46,2	8,8	146	18,3	39,6 2	1,84	0,059	724,3	0,8	0,46	0,23	29,82
2	Ренкуль	7,25	45	3	433,1	61,29	39,1	9,2	146	23,2	37,4	0,93	0,05	741	0,88	0,55	0,17	30,52
3	Св.Анны	7,35	32	3	439,2	58,56	30,2	8,2	132	19,52	32,8	2,09	0,08	714,4	0,801	0,41	0,08	10,72
4	Дионисия	7,16	48	3	409	63,06	28,4	8,2	126	23,2	31,8	5,9	0,195	687,4	0,79	0,67	0,19	23,52

Проследить за характером изменения состава вод можно по рисункам 15,16, 17.

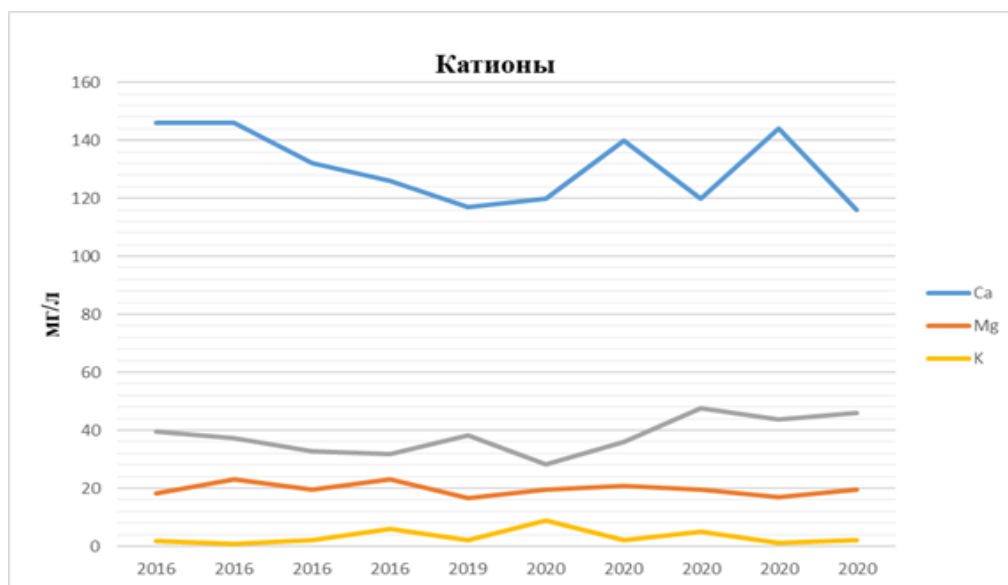


Рисунок 15 – Временная изменчивость содержания кальция, магния и калия в водах родников 2016, 2019 и 2020 г.

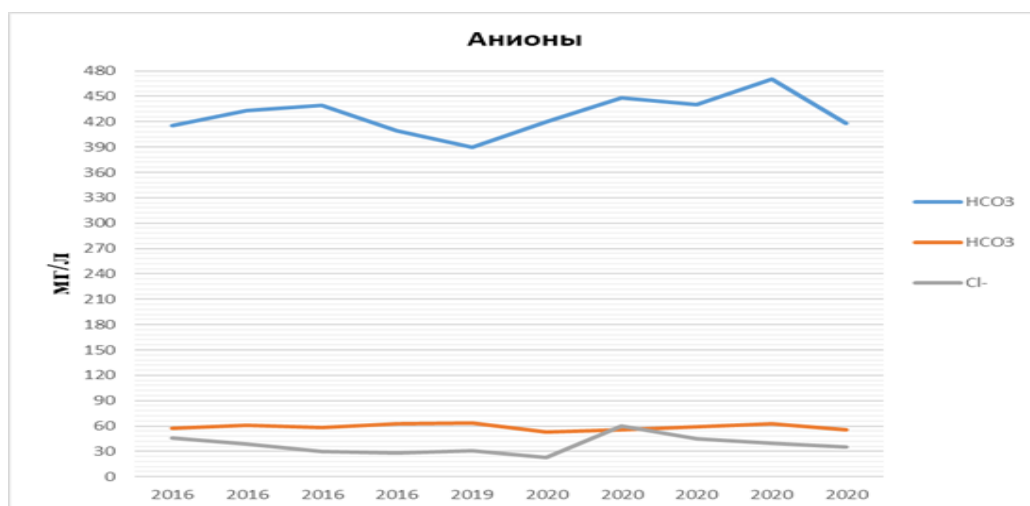


Рисунок 16 – Временная изменчивость содержания гидрокарбонат-, хлорид- и сульфат ионов в водах родников в 2016, 2019 и 2020 г.



Рисунок 17 – Временная изменчивость величины минерализации вод родников в 2016, 2019 и 2020 г.



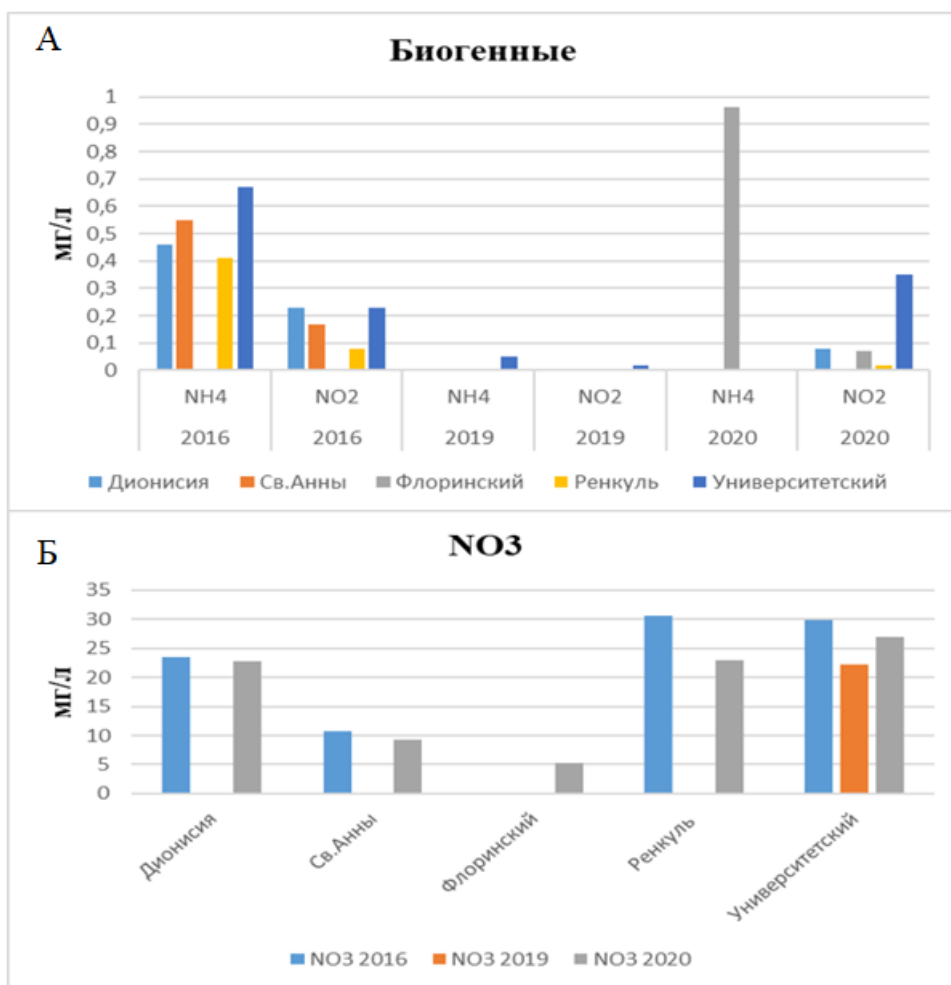


Рисунок 18 – Временная изменчивость содержания биогенных компонентов в водах родников в 2016, 2019 и 2020 г.:

А) ион аммония и нитрит-ион; Б) нитрат –ион.

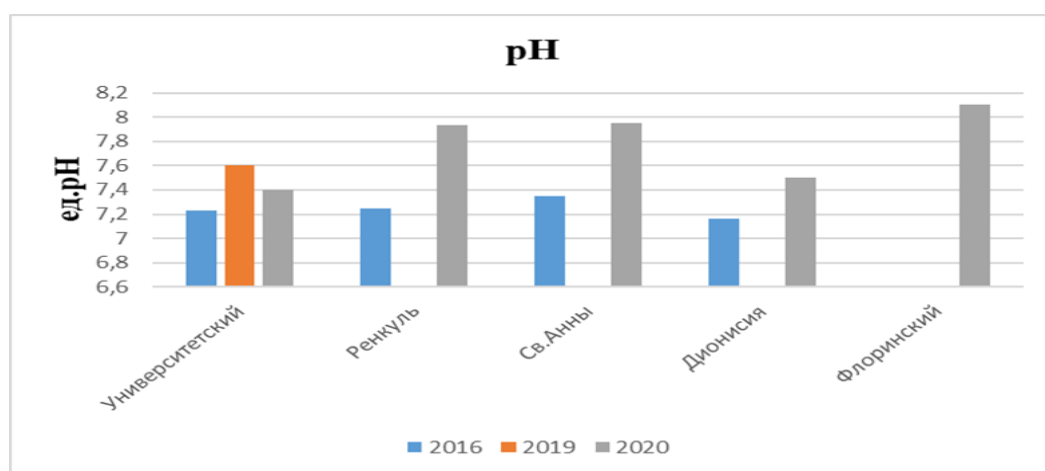


Рисунок 19 – Временная изменчивость величины рН в водах родников в 2016, 2019 и 2020 г.

### 3.3.3. Качество подземных вод родников

Согласно разъяснениям санитарных правил СП 2.1.5.1059-01 «Гигиенические требования к защите подземных вод от загрязнения » [18], подземные *воды считаются загрязненными* при выявлении *динамических тенденций в составе и свойствах воды* вследствие проникновения. загрязнения с поверхности почвы, из водотоков, прилегающих водоносных горизонтов; боковой приток вод различного (относительно фона) минерального состава, изменение условий питания и разгрузки, уровня эксплуатируемых и в первую очередь с поверхности водоносных горизонтов. Используя гигиеническую классификацию, представленную в приложении 1 к регламенту [18] (таблица 6), можно оценить степень опасности загрязнения подземных водных источников.

Таблица 6 - Гигиеническая классификация подземных вод по степени выраженности влияния техногенного фактора [18]

Степень влияния на качество подземных вод техногенных факторов	Степень загрязнения подземных вод
Допустимое	Периодическое превышение фоновых показателей при их максимальных уровнях на протяжении года ниже гигиенических нормативов
Слабо выраженное	Сохранение тенденции к возрастанию показателей техногенного загрязнения при ежемесячном отборе в течение года. При этом максимальные уровни загрязнения находятся ниже гигиенических нормативов
Предельное	Стабильное превышение фоновых показателей при их максимальных уровнях на уровне меньшем или равном ПДК
Опасное	Стабильное превышение фоновых показателей при их максимальных уровнях более ПДК

Данные, представленные в таблицах 3-6 пунктов 3.3.1, позволяют видеть, что степень загрязнения исследуемых вод по содержанию сульфатных, хлоридных и нитрат-ионов, а также по количеству натрия характеризуется категорией "Стабильное превышение фоновых значений". Соответственно, степень влияния

техногенного фактора на качество подземных водных источников оценивается как «Предельное».

Согласно [17] химические вещества разделены на четыре класса опасности:

1 класс - чрезвычайно опасные, 2 класс - высокоопасные, 3 класс - опасные, 4 класс - умеренно опасные. В основу классификации положены показатели, характеризующие различную степень опасности для человека химических соединений, загрязняющих воду, в зависимости от токсичности, кумулятивности, способности вызывать отдаленные эффекты, лимитирующего показателя вредности. Классы опасности веществ учитывают при выборе соединений, подлежащих первоочередному контролю в воде в качестве индикаторных веществ.

В водах исследуемых родников наблюдается присутствие элементов как 1 так и 2 классов опасности характеризующихся односторонним механизмом токсического действия. Лимитирующий признак вредности, по которым установлен норматив, для этих компонентов – санитарно-токсикологический. **Санитарно-токсикологический** подразумевает концентрацию, при превышении которой **вещество** становится токсичным для человека. То есть, лимитирующий признак вредности характеризуется наименьшей безвредной концентрацией и определяет собой наиболее ранний и вероятный характер вредного влияния при превышении дозы ПДК вещества.

**Санитарно-токсикологический** показатель характеризует вредное воздействие на организм человека, а токсикологический - показывает токсичность вещества для живых организмов, населяющих водный объект.

В водах источников отмечены компоненты, представляющие угрозу для здоровья человека. Таким образом, избыточное содержание **молибдена** в воде приводит к повышению активности ксантиноксидазы, щелочной фосфатазы и увеличению содержания мочевой кислоты в крови и моче. При небольшом поступлении йода развивается эндемический зоб, который внешне проявляется в увеличении размеров щитовидной железы. **Ртуть** является токсичным элементом, ее присутствие в воде приводит к болезни Минамата, которая характеризуется поражением центральной нервной системы. **Алюминий** нейротоксичен и может

накапливаться в нервной ткани, печени и, самое главное, в жизненно важных областях мозга, что приводит к тяжелым расстройствам центральной нервной системы. **Барий**-очень токсичное вещество. При попадании в организм барий накапливается в костной ткани, что увеличивает риск для здоровья. **Бериллий**-высокотоксичный кумулятивный клеточный яд. Он хорошо всасывается в желудочно-кишечном тракте. При попадании высоких концентраций бериллия в питьевую воду у обоих полов наблюдаются серьезные нарушения в области половых органов. **Мышьяк**-роль мышьяка, содержащегося в воде, в возникновении опухолевых заболеваний считается доказанной. **Нитриты-нитраты** в воде в 1,5 раза токсичнее, чем нитраты в овощах. Повышенное содержание нитратов в воде вызывает токсический цианоз. Всасывание нитратов приводит к увеличению содержания метгемоглобулина в крови. **Свинец** накапливается в костях. Поражает нервную систему, почки, приводит к раннему атеросклерозу, нарушению образования эритроцитов. Свинец усваивается организмом ребенка в 3-4 раза интенсивнее, чем у взрослого. **Железо**-в воде, содержащей железо, неизбежно образуются железобактерии - питательная среда для бактерий различных классов и уровней опасности для человеческого организма. **Марганец**-спутник железа. Повышенное содержание марганца негативно влияет на высшую нервную систему, систему кровообращения, работу поджелудочной железы, провоцирует заболевания эндокринной системы, повышает вероятность развития рака. Неслучайно Стандарт питьевой воды США установил минимальный стандарт содержания марганца в воде, равный 0,05 мг / л [14].

Потенциальная опасность обнаруженных в подземных водах веществ оценивается с учетом их канцерогенной и мутагенной опасности и кратности превышения гигиенического норматива и допустимых суточных доз. В случае присутствия в воде нескольких веществ 1 и 2 класса опасности, характеризующихся однонаправленным механизмом токсического действия, в том числе канцерогенным, сумма отношений концентраций каждого из них к соответствующей ПДК не должна превышать единицу:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1, \text{ где}$$

$C_i$  – фактическая концентрации веществ, мг/л;

$\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация в воде для  $i$ -го элемента, мг/л [19].

Оценка качества вод родников по представленный формуле включала расчеты с использованием данных по содержанию следующих микрокомпонентов : алюминий, барий, бор, молибден, мышьяк, свинец, селен, бериллий и стронций.

#### **Родник Дионисия**

$$\frac{\text{Al}0,0013}{0,5} + \frac{\text{Ba}0,10}{0,1} + \frac{\text{B}0,10}{0,5} + \frac{\text{Mo}0,00002}{0,25} + \frac{\text{As}0,00034}{0,05} + \frac{\text{Pb}0,00002}{0,03} + \frac{\text{Se}0,00067}{0,01} + \frac{\text{Be}0,000003}{0,0002} = 1,29$$

#### **Родник Св.Анны**

$$\frac{\text{Al}0,0031}{0,5} + \frac{\text{Ba}0,0667}{0,1} + \frac{\text{B}0,093}{0,5} + \frac{\text{Mo}0,0014}{0,25} + \frac{\text{As}0,00075}{0,05} + \frac{\text{Pb}0,00002}{0,03} + \frac{\text{Se}0,00060}{0,01} + \frac{\text{Be}0,000003}{0,0002} = 0,96$$

#### **Родник Флоринский**

$$\frac{\text{Al}0,0026}{0,5} + \frac{\text{Ba}0,049}{0,1} + \frac{\text{B}0,065}{0,5} + \frac{\text{Mo}0,0013}{0,25} + \frac{\text{As}0,00064}{0,05} + \frac{\text{Pb}0,00002}{0,03} + \frac{\text{Se}0,00025}{0,01} + \frac{\text{Be}0,000003}{0,0002} = 0,76$$

#### **Родник Ренкуль**

$$\frac{\text{Al}0,0014}{0,5} + \frac{\text{Ba}0,066}{0,1} + \frac{\text{B}0,070}{0,5} + \frac{\text{Mo}0,000272}{0,25} + \frac{\text{As}0,00045}{0,05} + \frac{\text{Pb}0,000061}{0,03} + \frac{\text{Se}0,00088}{0,01} + \frac{\text{Sr}0,56}{7,0} + \frac{\text{Be}0,000003}{0,0002} = 0,92$$

#### **Родник Университетский**

$$\frac{\text{Al}0,0082}{0,5} + \frac{\text{Ba}0,060}{0,1} + \frac{\text{B}0,065}{0,5} + \frac{\text{Mo}0,000337}{0,25} + \frac{\text{As}0,00069}{0,05} + \frac{\text{Pb}0,000018}{0,03} + \frac{\text{Se}0,00075}{0,01} + \frac{\text{Sr}0,37}{7,0} + \frac{\text{Be}0,000056}{0,0002} = 1,17$$

Из полученных расчетов следует, что сумма отношений содержаний компонентов к их ПДК в большей части родников не превышает единицы, но достаточно к ней близка. А в родниках Дионисия и Университетском составляет 1,29 и 1,17 соответственно, т.е. превышает единицу, что указывает на неудовлетворительное качество вод этих родников.

### **3.3.4.Оценка экологического состояния подземных вод**

Оценка качества подземных вод родников проводилась по результатам химического анализа, представленным в таблицах 1, 3. При анализе данных были выбраны компоненты состава, имеющие явное антропогенное происхождение и/или их содержание превышает нормы ПДК. К ним относятся хлорид-ион, сульфат-ион,

нитрат-ион, натрий, железо, марганец, стронций, бор. Для оценки учитывалось значение минерализации, так как она является одним из критериев для выявления области загрязнения в соответствии с «Методическими рекомендациями по выявлению и оценке загрязнения подземных вод» [15].

Оценка качества исследуемых вод проводилась по коэффициенту по ПДК ( $K_{\text{ПДК}i}$ ), показывающему уровень превышения содержания компонента в водах к его предельно-допустимому значению. Расчеты проведены для группы основных загрязняющих компонентов, по формуле.

$$K_{\text{ПДК}i} = \frac{C_i}{\text{ПДК}_i},$$

где  $K_{\text{ПДК}i}$  – коэффициент концентрации по ПДК;

$C_i$  – фактическая концентрация веществ в воде водоема, мг/л;

$\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация в воде для  $i$ -го элемента, мг/л.

Результат расчета представлен в таблице 7.

Таблица 7 –Значения коэффициента концентрации  $K_{\text{ПДК}}$  вод родников

Показатель	Величина $K_{\text{ПДК}}$				
	Дионисия	Св Анны	Флоринский	Ренкуль	Университетский
Сульфат-ион	0,11	0,11	0,12	0,13	0,12
Хлорид-ион	<b>0,65</b>	0,17	0,13	0,11	0,10
Нитрат-ион	<b>0,51</b>	0,21	0,12	<b>0,51</b>	<b>0,6</b>
Натрий	0,14	0,18	0,24	0,22	0,23
Бор	0,20	0,19	0,13	0,14	0,13
Стронций	0,078	0,068	0,075	0,08	-
Кремний	<b>0,82</b>	<b>1,04</b>	<b>0,93</b>	<b>1,07</b>	<b>1,02</b>
Железо	<b>0,7</b>	<b>0,56</b>	<b>1,83</b>	<b>0,66</b>	<b>0,56</b>
Марганец	<b>21,3</b>	<b>1,3</b>	<b>14,8</b>	-	-

Из представленных выше данных расчетов и данных в таблице 7 видно, что экологическое состояние подземных вод исследуемой территории не удовлетворяет условиям при суммировании отношений концентраций, которое должно быть равно 1. Это указывает на наличие постоянной антропогенной нагрузки на подземные воды во времени.

Анализ данных коэффициента по ПДК показал, что для большинства показателей уровень превышения норм ПДК не превышает единицы и не являются

критичным. Но следует обращать на эти показатели внимание в процессе мониторинга за состоянием подземных вод, т.к. содержание ряда компонентов (нитрат-ион, хлорид – ион, железо, марганец) находится на уровне 0,5 ПДК и более, а это можно рассматривать как сигнал к более частому контролю за составом вод.

Вместе с тем, присутствие хлорид-иона в подземных водах в установленных количествах характеризует особенность территории и указывает на загрязнение вод, вызванное вероятно использованием хлорида натрия при посыпке дорог от обледенения в зимний период. А наличие нитрат-иона указывает на длительный процесс загрязнения вод органическим веществом антропогенного происхождения.

По величине коэффициента  $K_{\text{ПДК}}$  видно, что основным загрязнителем вод являются хлорид-ион, нитрат-ион, железо, марганец, вносящих вклад в рост показателей загрязнения.

Проведя анализ данных по характеру поведения загрязняющих исследуемые воды компонентов относительно таковых для фоновых вод и на основании гигиенической классификации подземных вод по степени выраженности влияния техногенного фактора [СП 2.1.5.1059-01] установлено, что степень загрязнения подземных вод «стабильно» превышает фоновые показатели и ПДК. Что позволяет оценивать степень влияния техногенного фактора на качество подземных вод, как «опасное», а по характеру содержания хлоридов и нитратов как «предельное».

Таким образом, обобщив полученные результаты по оценке качества подземных вод, установили, что уровень загрязнения вод оценивается как *опасный*, так как фактические концентрации ряда компонентов превышают допустимые для питьевого водоснабжения ( $\text{ПДК}_{\text{пит}}$ ) нормы. Степень влияния на качество подземных вод техногенного фактора является *предельным*, т.к. имеется *стабильное* загрязнение вод хлоридами, сульфатами и нитратами, стабильное превышение его фоновых показателей при его максимальных уровнях более  $\text{ПДК}_{\text{пит}}$ .

### **3.3.5. Характеристика основных компонентов-загрязнителей вод родников и их влияние на здоровье человека**

Согласно результатов исследований химического состава вод родников, представленных в таблицах 1,3, выделяется ряд компонентов, содержание которых

превышает природные фоновые значения. К ним относятся сульфат-ион, хлорид-ион, нитрат-ион, ионы натрия, железо и марганец, а также величина общей жесткости. Следует заметить, что все перечисленные показатели нормируются для природных и питьевых вод и превышение допустимых норм (ПДК) влечет за собой различные отрицательные последствия при использовании таких вод в зависимости от цели водопользования. Содержание ряда отмеченных показателей (сульфат-, хлорид-, нитрат-ионы, ионы натрия) не превышает допустимые для питьевых вод нормы, но их содержание находится на уровне 0,5 ПДК или приближается к таковому, что сигнализирует о поступлении в воды загрязнения и выводит воды из разряда кондиционных.

**Сульфат-ион** — является одним из ведущих компонентов природных вод. Его природное фоновое содержание в водах исследуемой территории не превышает 2,0 мг/л. Сульфаты поступают в воды в результате растворения некоторых минералов - гипса, а также в результате воздушного массопереноса и с дождевыми водами. Антропогенным источником сульфат-иона являются соли серной кислоты, широко используемые в свинцово-кислотных батареях, чистящих средствах и удобрениях. В некоторых случаях этот ион может попадать в воду естественным путем, являясь компонентом некоторых почв и пород, включающих серосодержащие минералы.

Сульфат является загрязняющим веществом и попадает в воды через отходы и промышленные стоки. Этот компонент широко используется во многих отраслях промышленности, в том числе в фармацевтике, моющих средствах и косметической продукции. Ряд производств, например, угольные шахты, плавильные и бумажные заводы, текстильные фабрики и кожевенные заводы производят большое количество сульфатов, которые в качестве компонента промышленных отходов попадают в поверхностные и грунтовые воды. Обладая высокой растворимостью, сульфаты натрия, калия и магния, наиболее часто попадают в природные воды.

Хотя сульфаты не токсичны для человека, превышение их содержания ухудшает органолептические свойства воды (появляется солоноватый привкус) и оказывает физиологическое воздействие на организм. Вода, содержащая сульфат-



ион, обладают слабительным действием и их часта употребление приводит к расстройству желудочно-кишечного тракта. Поэтому ПДК сульфатов строго регламентируется в России санитарными нормами и составляет не более 500 мг / дм<sup>3</sup>, в некоторых странах не более 250 мг / л.

Как люди, так и животные очень чувствительны к сульфатам в питьевой воде. Высокий уровень содержания сульфатов в воде для молодых животных могут стать причиной тяжелых, потенциально даже смертельных заболеваний.

**Нитрат-ион** - это компонент соли азотной кислоты. Ранее широко использовалось название "селитра", известное многим специалистам и работникам сельского хозяйства. Являясь эффективным и относительно недорогим удобрением, оно широко используется для повышения урожайности в сельском хозяйстве, несмотря на потенциальную опасность для здоровья человека. Нитраты также являются конечным продуктом распада азотсодержащих белковых соединений, источниками которых могут быть трупы животных, моча, кал и бытовые отходы.

Наличие нитратов в воде указывает на естественный процесс самоочищения водоема. В чистой природной воде содержание нитратов не превышает 1-2 мг / л. Однако, широкое применение нитратных удобрений приводит к загрязнению воды нитратами через почву. Санитарными правилами установлена норма содержания нитратов в питьевой воде - 45 мг / л [20].

Нитраты могут оказывать негативное влияние на организм человека:

- способствуют образованию в крови опасного вещества - метгемоглобина, что приводит к кислородному голоданию. Если индекс метгемоглобина составляет 15%, это проявляется быстрой утомляемостью, вялостью и головокружением. Увеличение метгемоглобина до 60% приводит к летальному исходу;
- снижение уровня гемоглобина может привести к ухудшению работы сердечной и сосудистой системы, закупорке сосудов и капилляров, инсульту;
- кислородная недостаточность вызывает сильные головные боли, мигрени, обмороки и тошноту;
- отравления, нарушения работы желудочно-кишечного тракта, выделительной и эндокринной системы, разрушения зубной эмали и появления кариеса.

**Хлориды** - это соли, образующиеся при взаимодействии соляной кислоты и катионов металлов с высокой растворимостью в воде. Наиболее распространенными являются хлориды кальция, магния и натрия. Хлориды имеют природное происхождение и содержатся в каждом природном источнике воды - реках, озерах, колодцах, ручьях, колодцах, но в разных количествах. Содержание хлоридов в озерах и реках колеблется от долей грамма до нескольких граммов на литр; в морях количество хлорид-ионов составляет 87% от массы всех анионов, поэтому уровень их концентрации в морях и подземных водах позволяет отнести их к перенасыщенным растворам и рассолам. Средняя концентрация хлорид-иона в мировом океане составляет 19 г / л. В водах морей и океанов содержится большое количество хлоридов в виде солей хлорида натрия (NaCl). Избыток хлоридных солей геологического происхождения в поверхностных водах встречается довольно редко, поэтому наличие хлоридов на уровне выше нормы является показателем загрязнения вод бытовыми и промышленными отходами.

Значительное количество хлоридов поступает в воды из-за засоления почвы в результате подъема высокоминерализованных подземных вод, притока вод с последующим испарением жидкости, использования удобрений, соль для растворения льда на дорогах, выбросы химической промышленности, свалки, сточные воды и бытовые отходы-все это способствует появлению и циркуляции хлоридов в природе.

Хлориды из всех известных анионов обладают наибольшей способностью к миграции, что объясняется их высокой растворимостью, слабо выраженной способностью к сорбции и потреблению живыми организмами.

Высокое содержание хлоридов в питьевой воде придает ей соленый вкус и негативно влияет на здоровье человека - страдают слизистые оболочки, глаза, кожа и дыхательные пути.

Использование хлоридсодержащих вод приводит к нарушению водно-солевого баланса и работы желудочно-кишечного тракта, возникают отеки, происходит нарушение функционирования мочеполовой системы, изменение

кровеносной системы, повышается нагрузка на почки и сердце, повышается кровеносное давление, усугубляется течение сердечно-сосудистых заболеваний.

**Натрий** содержится в воде в виде положительно заряженных ионов. Это результат электролитической диссоциации солей или оснований. Источники натрия в подземных водах делятся на два типа: природные и техногенные. Природный источник - растворимые соли натрия, содержащиеся в магматических и осадочных породах. Хлорид натрия - встречается в высоких концентрациях в морях, океанах и озерах.

Техногенные источники - удобрения (нитрат натрия), противогололедные реагенты и промышленные стоки попадают в открытые водоемы, из которых вода отводится.

Еще один поставщик натрия - ионообменная смола, которая используется для снижения жесткости воды в фильтрах умягчения.

Повышенное содержание натрия в водах вызывает ухудшение ее вкусовых качеств и она становится соленой или солено-горькой. Высокая концентрация ионов натрия в воде может быть причиной следующих нарушений в организме человека:

- Обезвоживание, вызванное ухудшением водно-солевого баланса на клеточном уровне.
- Нарушение обмена калия. При регулярном употреблении воды с превышением ПДК натрия возрастает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний.
- Ухудшение пищеварения. Натрий участвует в образовании желудочного сока.
- Вода с повышенным содержанием натрия может вызывать тошноту, рвоту и головокружение.

**Железо** – важный элемент для функционирования организма человека, но только в определенной пропорции. При длительном употреблении в питье воды с содержанием железа выше ПДК человек может приобрести различные заболевания печени, крови, аллергические реакции, нарушения репродуктивной функции.

*Марганец* закупоривает каналы нервных клеток. Снижается проводимость нервного импульса, в результате повышается утомляемость, сонливость, снижается скорость реакции, снижается работоспособность, появляются головокружение, депрессивные, депрессивные состояния. Особенно опасно отравление марганцем у детей и эмбрионов (во время беременности) - это приводит к идиотизму. Из 100 детей, чьи матери отравились марганцем во время беременности, 96-98 родились с умственными недостатками. Имеются предположения, что токсикоз на ранних и поздних сроках беременности вызван марганцем. Избыток марганца часто фиксируется в водопроводной воде, проходящей промышленную очистку. Марганец практически невозможно вывести из организма; очень трудно диагностировать отравления им - симптомы очень распространены и присущи многим заболеваниям, но чаще всего человек просто не обращает на них внимания [22, 23].

#### **Глава 4. Социальная ответственность**

##### *Введение*

Целью настоящей работы - изучить химический состав вод родников, оценить особенности их временной изменчивости и установить влияние на них антропогенного фактора. Значительное количество родников зафиксировано в пределах исторической части города на территории Сибирского ботанического сада и Университетской роши Томского государственного университета.

В настоящее время городские территории испытывают значительную техногенную нагрузку, что в свою очередь отражается на составе подземных вод и их качестве.

Получение информации о химическом составе вод родников позволит проследить характер влияния антропогенного фактора на состояние подземных вод территории г. Томска.

Целью раздела «Социальная ответственность» является выделение и анализ вредных и опасных производственных факторов при проведении исследования, а также определение методов по их предупреждению и избеганию.

#### **4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

При отборе проб воды необходимо соблюдать требования нормативных документов по охране труда, технике безопасности и охране окружающей среды с требованиями ГОСТ 31861-2012 и СП 47.13330.2016 [33, 34].

К выполнению полевых и лабораторных работ допускается:

- мужчины и женщины не моложе 18 лет; прошедшие соответствующую подготовку по специальности, не имеющие заболеваний, препятствующих выполнению работ;
- имеющие профессиональную подготовку, соответствующую характеру работы;

Рабочее время – период, в течение которого рабочий обязан исполнять свои обязанности, предусмотренные трудовым договором, а также действовать в соответствии с нормами распорядка и иными и другими нормативными документами в соответствии Трудовым кодексом РФ. [32]  
Продолжительность рабочего времени составляет 40 часов в неделю и не должна превышать данное значение.

Оплата труда работника представляет собой вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы, компенсационные и стимулирующие выплаты.

Нормы труда должны быть установлены при определении количества времени, необходимого для реализации определенного объема работ.

*Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.*

Рабочее место должно обеспечивать возможность удобного выполнения работ в положении сидя или стоя или в положениях и сидя, и стоя. При выборе положения работающего необходимо учитывать:

- физическую тяжесть работ;
- размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего в процессе выполнения работ;

Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78, в положении стоя ГОСТ 12.2.033-78. [35, 36]

#### 4.2. Производственная безопасность

Все намеченные полевые работы были проведены в осенний период. До начала полевых работ руководителем было проведено ознакомление с условиями производства полевых работ и правилами техники безопасности. Также был проведён вводный инструктаж, инструктаж по пожарной безопасности в лесу и правилам использования транспортных средств. Готовность к полевым работам и знание инструктажей было проверено руководителем. В полевых условиях студент должен быть одет в соответствующую конкретным работам и погоде удобную теплую одежду, иметь всё необходимое оборудование и индивидуальный пакет первой помощи.

Анализ опасных и вредных факторов приведен согласно ГОСТ 12.0.003-2015[37] и представлен в таблице 1. Все предусмотренные проектом работы выполняются в соответствии с техническим заданием и план-графиком мероприятий.

Таблица 8 – Опасные и вредные факторы для этапов работ. [33]

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные Документы
	Разраб отка	Изгото вления	Эксплу атация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений; Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса.
2.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	-	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению

3. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	+	+	+	ГОСТ 12.2.003-91 — Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
4. Утечки токсичных и вредных веществ в рабочую зону	-	-	+	СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах"
5. Повышенный уровень шума и вибрации	+	-	+	ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда ШУМ Общие требования безопасности

### **4.3. Анализ вредных и производственных факторов**

#### ***Отклонение параметров микроклимата на открытом воздухе***

Микроклимат представляет собой комплекс физических параметров воздуха, влияющий на тепловое состояние организма. К ним относят температуру, влажность, подвижность воздуха, инфракрасное излучение.

Полевые работы были проведены осенью. В осенний период требуется обеспечение тёплой и удобной спецодеждой, чтобы обеспечить нормальную терморегуляцию и защиту от обморожений, обветривания кожи и промокания.

#### ***Отклонение показателей микроклимата в помещении***

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность.

Микроклимат представляет собой комплекс физических параметров воздуха, оказывающих влияние на тепловое состояние организма. К ним относят температуру, влажность, скорость движения воздуха, инфракрасное излучение. Микроклиматические параметры оказывают значительное влияние на функциональную деятельность человека - его самочувствие и здоровье. Длительное воздействие человека неблагоприятных метеорологических условий резко ухудшает его самочувствие, снижает производительность труда и приводит к заболеваниям.

Комфортный микроклимат в помещении создают при помощи отопления и вентиляции. Оптимальные и допустимые нормы микроклимата для работ разной категории тяжести указаны в ГОСТ 12.1.005-88. [38]

В камеральных помещениях необходимо предусматривать систему отопления. Она должна обеспечить достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха в помещениях в холодный период года, а также безопасность в отношении пожара и взрыва. При этом колебания температуры в течение суток не должны превышать 2-3°C.

В камеральном помещении необходимо обеспечить приток свежего воздуха, количество которого определяется технико-экономическим расчетом и выбором схемы системы вентиляции. Минимальный расход воздуха определяется из расчета 50—60 м<sup>3</sup>/ч на одного человека, но не менее двукратного воздухообмена в час. При небольшой загрязненности наружного воздуха кондиционирование помещений осуществляется с переменными расходами наружного воздуха и циркуляционного.

Таблица 9 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Пер. года	Категория работ	Температура воздуха, °C		Температура поверхностей, t°C	Относительная влажность воздуха, ф%	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин t° <sub>опт</sub>	Диапазон выше оптимальных величин t° <sub>опт</sub>			Если t° < t° <sub>опт</sub>	Если t° > t° <sub>опт</sub>
Холодный	Iб	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый	Iб						



		20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,3
--	--	-----------	-----------	-----------	-------	-----	-----

Примечание:

К категории Ib относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/час, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

### *Превышение уровней шума и вибрации*

Шум – Звуковые колебания в диапазоне слышимых частот, способные оказать вредные воздействие на безопасность и здоровье работника.

Шум может создаваться работающим оборудованием (установками воздуха (воздуходувка), преобразователями напряжения). В результате исследований установлено, что шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека. Действие шума различно: затрудняет разборчивость речи, вызывает необратимые изменения в органах слуха человека, повышает утомляемость. Предельно допустимые значения, характеризующие шум, регламентируются в ГОСТ 12.1.003-2014. [39]

Таблица 10 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука [35].

Рабочие места	Уровни звукового давления, Дб, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука дБа
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Рабочие места в лабораториях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Основные мероприятия по борьбе с шумом следующие: экранирование шума преградами, использование средств индивидуальной защиты против шума (ушные вкладыши, наушники и шлемофоны) согласно ГОСТ 12.1.029-80. [41]

### **4.3.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны**

К современному производственному освещению предъявляются требования как гигиенического, так и технико-экономического характера. Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень

работоспособности. Рабочее место инженера при камеральных работах должно освещаться естественным и искусственным освещением.

Если экран дисплея обращен к оконному проёму, необходимы специальные экранирующие устройства, снабжённые светорассеивающими шторами, жалюзи или солнцезащитной плёнкой. Искусственное освещение обеспечивается электрическими источниками света. Искусственное освещение применяется при работе в темное время суток и днем при недостаточном естественном освещении. Искусственное освещение по назначению разделяют на общее, местное и комбинированное. Естественное и искусственное освещение помещений лабораторий должно соответствовать СП 52.13330.2016. [42]

Таблица 11 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения

Наименование помещений	Характеристика зрительной зоны	Размер объекта различения, мм	Нормы КЕО, %	Искусственная освещенность, лк	Тип светильника
Лаборатория и камеральные помещения	Средней точности	0.5-1	4 – верхнее или комбинированное 1.5 - боковое	300	Люминесцентные газозарядные лампы (ЛД), для бокового освещения настольные лампы накаливания

Для местного освещения рабочих мест следует использовать светильники с непросвечивающими отражателями. Светильники должны располагаться таким образом, чтобы их светящие элементы не попадали в поле зрения работающих на освещаемом рабочем месте и на других рабочих местах. Местное освещение рабочих мест, как правило, должно быть оборудовано регуляторами освещения. ГОСТ Р 55710-2013 [43].

### 4.3.3. Расчет искусственного освещения

Дано помещение с размерами: длина  $A = 20$  м, ширина  $B = 16$  м, высота  $H = 4.5$  м. Высота рабочей поверхности  $h_{\text{рп}} = 0.8$  м. Требуется создать освещенность  $E = 400$  лк.

Коэффициент отражения стен  $R_c = 30 \%$ , потолка  $R_n = 50 \%$ .

Коэффициент запаса  $k = 1.5$ , коэффициент неравномерности  $Z = 1.1$ .

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Выбираем светильники типа ОД 2-40 Длина – 1,23м,

$\lambda = 1.4$ . Приняв  $h_c = 0.6$  м, определяем расчетную высоту:

$$h = H - h_c - h_{\text{рп}} = 4.5 - 0.6 - 0.8 = 3.1 \text{ м};$$

Расстояние между светильниками:

$$L = 1.5 * 3.1 = 4.34 \text{ м};$$

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены:  $L/3 = 1.5$  м.

Определяем количество рядов светильников и количество светильников в ряду:

$$n_{\text{ряд}} \frac{(B - \frac{2}{3}L)}{L} + 1 = \frac{(16 - \frac{2}{3} * 4.34)}{4.34} = 3$$

$$n_{\text{св}} \frac{(A - \frac{2}{3}L)}{L_{\text{св}} + 0.5} + 1 = \frac{(20 - \frac{2}{3} * 4.34)}{1.23 + 0.5} = 14$$

Размещаем светильники в три ряда. В каждом ряду можно установить 14 светильников типа ОД мощностью 30 Вт (с длиной 1,23 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см. Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении  $N = 84$ .

Находим индекс помещения

$$i = S / h(A+B) = 320 / (3.1(20 + 16)) = 2.8$$

По табл. 13 определяем коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0.62.$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$\Phi = \frac{E_H * S * K_3 * Z}{N_{\text{л}} * \eta} = \frac{400 * 320 * 1.5 * 1.1}{84 * 0.62} = 1558$$

По табл. 1 выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛТБ 30 Вт с потоком 1650 лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} * 100\% \leq +20\%$$

$$10\% \leq \frac{1650 - 1558}{1650} * 100\% \leq +20\%$$

Получаем:  $-10\% \leq 0,05\% \leq +20\%$

Определяем электрическую мощность осветительной установки

$$P = 84 \cdot 30 = 2552 \text{ Вт.}$$

Вывод. 84 лампы типа ЛД 30 светового потока равной 1650 лк. требуется для создания в данном помещении. Полученные расчеты из формулы укладываются в интервал от -10% до +20%.

#### **4.4. Анализ опасных факторов и мероприятия по их устранению**

##### **Полевой этап**

##### *Электрический ток*

В полевых условиях опасным фактором является работа с электрооборудованием (передвижная электростанция) в сырую погоду, особенно в грозу. Молния - электрический разряд между облаками или облаком и землей. Силы токов молний достигают десятков и сотен тысяч ампер. Для защиты от прямых ударов молний применяются молниеотводы. Защитное заземление или зануление обеспечивает защиту людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции. Защитному заземлению или занулению подлежат металлические части электроустановок, доступные для прикосновения человека и не имеющие других видов защиты, обеспечивающих электробезопасность. Согласно ПУЭ все голые токоведущие части должны быть

закрыты изоляцией, кожухами и другими ограждениями, или размещены на недоступной высоте, применение автоматических блокировок и отключений.

*Острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов.*

Механические поражения могут быть следствием неосторожного обращения с инструментами. Инструмент должен содержаться в исправности и чистоте, соответствовать техническим условиям завода - изготовителя и эксплуатироваться в соответствии с требованиями эксплуатационной и ремонтной документации. Ручной инструмент (кувалды, молотки, ключи, лопаты и т.п.) должен содержаться в исправности. Инструменты с режущими кромками и лезвиями следует переносить и перевозить в защитных чехлах и сумках, согласно ГОСТ 12.2.003-91. [44]

### ***Камеральный и лабораторный этапы***

#### *Электрический ток*

Источником электрического тока в помещении может выступать неисправность электропроводки, любые неисправные электроприборы. Все токоведущие части электроприборов должны быть изолированы или закрыты кожухом.

Основная причина смертельных случаев, связанных с поражением электрическим током – нарушение правил работы с электроприборами по ГОСТ 12.1.019-2017. [45]

Помещение лаборатории и компьютерного класса по опасности поражения людей электрическим током, согласно ПУЭ, относится к помещению без повышенной опасности поражения людей электрическим током, которые характеризуются отсутствием условий, создающих повышенную или особую опасность (влажность не превышает 75%, температура-20-23°C, отсутствуют токопроводящая пыль, полы деревянные).

Мероприятия по обеспечению электробезопасности: организация регулярной проверки изоляции токоведущих частей оборудования лаборатории и компьютерного класса; защитное заземление, с помощью которого уменьшается

напряжение на корпусе относительно земли до безопасного значения; зануление; автоматическое отключение; обеспечение недоступности токоведущих частей при работе; регулярный инструктаж по оказанию первой помощи при поражении электрическим током.

#### *Утечки токсичных и вредных веществ в рабочую зону*

При лабораторном и камеральном этапах наиболее вероятна авария с выбросом (угрозой выброса) ХОВ при их производстве, переработке или хранении (захоронении).

Химически опасный объект (ХОО) — это объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества, при аварии на котором или при разрушении которого может произойти гибель или химическое заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды.

К ХОО относятся предприятия химической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и других родственных им отраслей промышленности; предприятия, имеющие промышленные холодильные установки, в которых в качестве хладагента используется аммиак; водопроводные и очистные сооружения, на которых применяется хлор и другие предприятия.

Для данной территории характерны заводы нефтехимической переработки и в соответствии с этим аварии с выбросом веществ:

- вещества с преимущественно удушающим действием (хлор, фосген и др.);
- вещества преимущественно общедовитого действия (окись углерода и др.).

К основным мероприятиям химической защиты относятся:

- обнаружение факта химической аварии и оповещение о ней;
- выявление химической обстановки в зоне химической аварии;
- соблюдение режимов поведения на зараженной территории, норм и правил химической безопасности;
- обеспечение населения, персонала аварийного объекта и участников ликвидации последствий химической аварии средствами индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, применение этих средств;

- эвакуация населения при необходимости из зоны аварии и зон возможного химического заражения;
- укрытие населения и персонала в убежищах, обеспечивающих защиту от АХОВ;

### *Пожарная безопасность*

Пожар – неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб, вызывающее несчастные случаи.

Причинами возникновения пожаров в лабораторных условиях являются: неосторожное обращение с огнем (бросание горящей спички, высыпание вблизи сгораемых строений и материалов, не затушенных углей); неисправность и неправильная эксплуатация электрооборудования и т.д.

Помещение лаборатории и камеральное помещение по пожарной и взрывной опасности относятся к категории В (производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов (дерево), согласно Федеральному закону от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"

При проведении лабораторных и камеральных работ в помещениях предусмотрена эффективная система пожаротушения. Для быстрой ликвидации возможного пожара на этаже здания лаборатории и камеральной группы располагается стенд с противопожарным оборудованием согласно ГОСТ 12.1.004-91 (Таблица 12).

Таблица 12 – Перечень противопожарного оборудования

Огнетушитель марки ОПС-10	1 шт
Ведро пожарное	1 шт
Багоры	1 шт
Топоры	1 шт
Ломы	1 шт
Ящик с песком 0,2 м <sup>3</sup>	1 шт

Пожарный щит необходим для неотложных мер по тушению возможного возгорания до приезда пожарной бригады.

Ответственные за пожарную безопасность обязаны: не допускать к работе лиц, не прошедших инструктаж по соблюдению требований пожарной

безопасности; обучать подчиненный персонал правилам пожарной безопасности и разъяснять порядок действий в случае возгорания или пожара; осуществлять постоянный контроль за соблюдением всеми рабочими противопожарного режима, а также своевременным выполнением противопожарных мероприятий; обеспечить исправное содержание и постоянную готовность к действию средств пожаротушения; при возникновении пожара применять меры по его ликвидации.

За нарушение правил рабочие несут ответственность, относящуюся к выполняемой ими работе или специальных инструкций в порядке, установленном правилами внутреннего трудового распорядка.

#### **4.5. Экологическая безопасность**

Некоторые из изучаемых водных объектов подвергаются воздействию хозяйственно-бытовых и промышленных отходов, а также вандальным нарушениям каптажа.

Требуется постоянный санитарно-эпидемиологический надзор и контроль за выбросом загрязняющих веществ в атмосферу, систематические регулировки изменения химического состава вод.

Для защиты от хозяйственно-бытовых отходов требуется оборудовать выходы вод через трубы.

Весьма неустойчив гидродинамический и гидрогеохимический режим связанных с ними родников – вплоть до полного пересыхания или слабого мочажинного проявления в меженные периоды и максимального

Водоносные горизонты родников открыты для техногенного воздействия и бактериального, нитратного, органического, нефтяного и нередко пестицидного, химического загрязнений а также загрязнения СПАВ и тяжёлыми металлами. Родники города Томска имеют большую значимость и нуждаются в Государственном мониторинге. Мониторинг нужно проводить в целях своевременного выявления и прогнозирования развития негативных процессов, выявления источников загрязнения, предотвращения негативных последствий, оценки эффективности осуществляемых мероприятий, информационного



обеспечения управления в области использования и охраны водных объектов, для государственного контроля и надзора.

В пределах г. Томска (особенно исторической его части) зафиксировано множество родников – естественных выходов подземных вод на дневную поверхность, представляющих особую культурно-историческую, значимость и потому вызывающих необходимость их законодательной защиты в виде придания особого статуса или определения особого режима природопользования. Последнее необходимо ещё и потому, что данная зона большей своей частью входит в состав водоохранной зоны р. Томи, а несоответствующий каптаж и дренаж родников привели к загрязнению вод и захламлению большинства родниковых полей.

Основным видом загрязнений родников являются коммунальнохозяйственные сточные воды. Азотистые соединения  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ .

#### **4.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях** ***ЧС лабораторного и камерального этапов:***

При выполнении работ могут произойти ЧС техногенного характера:

##### **1)Пожары**

-пожары(взрывы) в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов;

-пожары (взрывы) в зданиях и сооружениях жилого, социально - бытового, культурного значения и др.

##### **2)Аварии с выбросом (угрозой выброса) химически опасных веществ (ХОВ):**

-аварии с выбросом (угрозой выброса) ХОВ при их производстве, переработке или хранении (захоронении);

##### **3)Аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ:**

-аварии на атомных станциях

-утрата радиоактивных источников и др.

4)Аварии с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ (БОВ):

-аварии с выбросом биологически опасных веществ на предприятиях и в научно-исследовательских учреждениях; -утрата БОВ и др.

5)Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения:

-аварии в канализационных системах с массовым выбросом загрязняющих веществ;

-аварии в системах снабжения населения питьевой водой.

### ***ЧС полевого этапа:***

При полевом этапе могут произойти ЧС природного характера, такие как:

1)Геологические опасные явления (экзогенные геологические явления):

-оползни;

-сели;

-пыльные бури;

-обвалы, осыпи, курумы, эрозия, склоновый смыв и др.

2)Метеорологические и агрометеорологические опасные явления:

-крупный град, сильный дождь (ливень), сильный туман;

-сильный снегопад, сильный гололед, сильный мороз, сильная метель, заморозки;

3)Природные пожары:

-лесные пожары;

*Чрезвычайные ситуации, связанные с изменением состава и свойств атмосферы (воздушной среды):*

-резкие изменения погоды или климата в результате антропогенной деятельности;

-превышение ПДК вредных примесей в атмосфере;

## **Выводы по разделу**

В ходе выполнения раздела «Социальная ответственность» были рассмотрены различные виды вредного воздействия на человека и окружающую среду, а также способы уменьшения их воздействия. Выявлены вредные и опасные факторы воздействия на работающего в помещении на ПК человека.

- отклонение показателей микроклимата,
- превышение уровня шума,
- недостаточная освещенность рабочей зоны,
- опасность пожара и т.д.

В разделе приведены способы уменьшения воздействия на организм человека вредных факторов, а также средства индивидуальной защиты для уменьшения воздействия этих факторов.

## **5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;

- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

## 5.1 Предпроектный анализ

### 5.1.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Для данного проекта целевым рынком являются Управление охраны окружающей среды и природного комплекса администрации Города Томска, а сегментами будут являться ПНИЛ ГГХ ИШПР ТПУ.

Таблица 13 – Виды и объемы проектируемых работ

№ п/п	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудование
		Ед.изм.	Кол-во		
1	<b>Гидрогеохимическое работы по отдельным водопунктам (с отбором проб воды для анализа в стационарной лаборатории):</b>				
1.1	Подземные воды родников	шт.	5	Отбор проб воды из родников на химический анализ	Стерилизованные пластиковые бутылки
2	<b>Лабораторные исследования</b>				
2.1	химический анализ воды	проба	5	Анализ в лаборатории	Лабораторное оборудование
3	<b>Камеральная обработка</b>				
3.1	Полевая камеральная Обработка	%	100	Ручная работа	Бумага писчая, ручка, карандаш
3.2	Камеральная обработка материалов с использованием ЭВМ	%	100	Компьютерная обработка материала	Компьютер

## 5.2 Затраты времени и цены на проведение многокомпонентного анализа состава вод

Затраты времени и цены на проведение многокомпонентного анализа состава вод приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Затраты времени и цены на проведение многокомпонентного анализа состава вод

№ пп	Виды анализа	Ед-ца измерения	Метод анализа	Затраты времени на едцуработ,брчас (ССН,вып. 7, 1993)	Цена анализа, руб
Химические и физико-химические методы анализа природных и сточных вод					
1	Окисляемость перманганатная	проба	Титриметрия	0,14	196
2	Общая жесткость		Титриметрия	0,18	252
3	Электропроводность		Кондуктометрия	0,19	266
4	pH		Потенциометрия	0,09	126
5	Углекислота свободная CO2		Титриметрия	0,04	56
6	Аммоний NH4		Фотометрия	0,12	168
7	Нитриты NO2		Фотометрия	0,11	154
8	Нитраты NO3		Фотометрия	0,3	420
9	Гидрокарбонаты HCO3		Титриметрия	0,16	224
10	Карбонаты CO3		Титриметрия	0,05	70
11	Хлориды Cl		Титриметрия	0,19	266
12	Сульфаты SO4		Фотометрия	0,23	322
13	Фосфаты PO4		Фотометрия	0,14	196
14	Фториды F		Потенциометрия	0,14	196
15	Бромиды Br		Потенциометрия	0,19	266
16	Кальций Ca		Титриметрия	0,1	140
17	Магний Mg		Титриметрия	0,1	140
18	Натрий Na		Потенциометрия	0,18	252
19	Калий K		А.абсорбция	0,2	280
20	Железо Fe		Фотометрия	0,19	266
21	Кремний Si		Фотометрия	0.11	154
22	Цинк Zn		ИВА	0,24	336
ИТОГО				3,28	4746

### 5.3 Затраты времени на производство работ

Расчет затрат времени производится по формуле (4):

$$N = Q * N_{\text{ВР}} * K, (4)$$

где N - затраты времени, (чел\см); Q - объем работ, (проба); N<sub>ВР</sub> – норма выработки (час); K - коэффициент за ненормализованные условия (0,83).

Таблица 15 – Расчет затрат времени на производство работ

№ п/п	Виды работ	Объем работ		Норма длительности	Коэф.т	Нормативный документ ССН 92	Итого Нчел./ смена
		Ед.изм	Колво				
1	Гидрогеохимическое работы по отдельным водопунктам (с отбором проб воды для анализа в стационарной лаборатории)						
1.1	Подземные воды родников	шт.	5	0,062	0,83	вып.1, часть 3, Таблица 22	1
2.	Лабораторные исследования						
2.1	химический анализ воды	проба	5	7,2	1	вып. 7А, Таблица 2	144
3	Камеральная обработка						
3.1	полевая камеральная обработка материалов	шт.	14	0,0026	0,83	вып.1, часть 3, Таблица 41	0,04
3.2	камеральная обработка материалов с использованием ЭВМ	шт.	20	0,0221	1	вып.1, часть 3, Таблица 56	0,442
Итого:							146

### 5.4 Расчет затрат труда в лаборатории

Затраты труда в лаборатории химического анализа вод представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты труда в лаборатории химического анализа вод

Н п/п	Наименование должностей и профессий	Количество человек на лабораторию (6 бригад)	Значение нормы, человеко- месяц
1	Начальник лаборатории	1	0,03
2	Инженер-гидрохимик I категории	4	0,10
3	Инженер-гидрохимик II категории	3	0,10

4	Техник-химик (оформление и выдача результатов анализа)	1	0,05
	<b>Итого</b>	<b>9</b>	<b>1,0</b>

### 5.5. Расчет расходов материалов на проведение полевых геохимических работ

В соответствии со справочником сметных норм на геологоразведочные работы ССН выпуск 1 часть 3 перечисляем наименование материалов необходимых для проведения работ. Данные заносим в таблицу 16. Расчет затрат на горюче-смазочные материалы заносим в таблицу 17.

Таблица 17 – Расчет расходов материалов на проведение полевых геохимических работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Количество проб	Цена, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
	Все полевые геохимические работы				
Бумага	кг	5	50	1,5	75
Карандаш простой	шт.	5	5	5	25
Ручка шариковая	шт.	5	25	2	50
	Гидрогеохимические работы				
Бутылка пластиковая 1.5 л	компл.	5	20	34	680
<b>Итого:</b>					<b>830</b>

Таблица 18 – Расчет затрат на горюче-смазочные материалы

№ п/п	Наименование автотранспортного средства	Количество	Стоимость за 1л (р).
1	Бензин	5	46.85
<b>Итого:</b>			<b>234руб.</b>

### 5.6. Расчет стоимости лабораторных работ

Калькуляция стоимости приведена по производственным документам.

Таблица 19 – Расчёт стоимости подрядных работ

Вида работ	Объем		Стоимость, руб.	Итого
	Ед. измерения	Колво.		
Полный анализ воды с определением микрокомпонентов с минерализацией менее 1 г/л	проба	5	3514	<b>17 570</b>

### 5.7. Расчеты стоимости основных расходов на геоэкологические работы

На эту базу начисляются проценты, которые обеспечивают организацию и управление работ по проекту, то есть расходы, за счет которых осуществляются содержание всех функциональных отделов структуры предприятия.

Расходы на организацию полевых работ составляют 1,5 % от суммы расходов на полевые работы. Расходы на ликвидацию полевых работ – 0,8% суммы полевых работ. Расходы на транспортировку грузов и персонала – 5% полевых работ. Накладные расходы составляют 15% основных расходов. Сумма плановых накоплений составляет 20% суммы основных и накладных расходов. Резерв на непредвидимые работы и затраты колеблется от 3-6 %. Расчет стоимости на проектно-сметные работы выполняется на основании данных организации, составляющей проектно-сметную документацию. Оклад берется условно (Таблица 19).

Расчет осуществляется в соответствии с формулами:  $ЗП =$

$$О_{кл} * Т * К, \quad (2)$$

где ЗП – заработная плата (условно), Окл – оклад по тарифу (р), Т – отработано дней (дни, часы), К – коэффициент районный (для Томска 1,3 для 2021 года).

$ДЗП = ЗП * 7,9\%$ , (3) где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$ФЗП = ЗП + ДЗП \quad (4),$$



где ФЗП – фонд заработной платы (р).

$$\text{СВ} = \text{ФЗП} * 30\%, \quad (5)$$

где СВ – страховые взносы.

$$\text{ФОТ} = \text{ФЗП} + \text{СВ}, \quad (6)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда (р).

$$\text{R} = \text{ЗП} * 3\%, \quad (7)$$

где R – резерв (%).

$$\text{СПР} = \text{ФОТ} + \text{M} + \text{A} + \text{R}, \quad (8) \text{ где СПР}$$

– стоимость проектно-сметных работ.

Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные работы представлен в таблице 21.

Таблица 20- Расчет стоимости основных расходов на геозэкологические работы, руб.

	Виды работ, условия проведения (расчетная единица)	Нормативный документ	Основные расходы по СНОР-93				Поправоч. коэффиц.		Основные расходы с учетом поправочных коэффициентов				
			затраты на З/П	отчис на соц. нужды	мат. затр	аморт.	к з/п и отчисл.на соц.нужды	к мателам и обор уд.	Затраты на оплату труда	Отчисления на соц. нужды	мат. затр.	аморт.	Итого
Г	Гидрогеохимическое опробование по водотокам	в.1, ч.3	21 744	8 480	2 792	2 349	1,3	1,18	28 267	11 024	3 295	2 772	45 358
2	Гидрогеологическое опробование	в.1, ч.4	21 744	8 480	2 792	183			28 267	11 024	3 295	216	42 802
3	Полевая камеральная обработка материалов	в.2, т.1	43 813	17 087	3 858	475			56 957	22 213	4 552	561	84 283
4	Камеральная обработка	в.7, т.1	65 927	25 712	-	-			85 705	33 426	-	-	119 131

**Итого 291 574**

Таблица 21 – Сметно-финансовый расчет на выполнение проектно-сметных работ

№	Статьи основных расходов	Коэф-т загрузки	Оклад за месяц, руб.	Районный коэффициент	Итого руб./месяц
1	Начальник лаборатории	1,2	35 000	1,3	54 600
2	Гидрогеолог	1	25 000	1,3	32 500
3	Инженергидрохимик I категории	0,7	15 000	1,3	13 650
4	Инженергидрохимик II категории	0,7	13 000	1,3	11 830
5	Техник-химик (оформление и выдача результатов анализа)	0,7	17000	1,3	15 470
5	Итого в месяц				128 050
6	ДЗП (7,9%)				10115,95
7	Итого: ФЗП				138 166
8	Страховые взносы (30% от ФЗП)				41449,785
9	ФОТ				179 616
10	Материалы (5% от ЗП)				6402,5
11	Амортизация (2% от ЗП)				2561
12	Резерв (3% от ЗП)				3841,5
Итого за месяц					510 203

Таблица 22 – Общий расчет сметной стоимости работ

№ п/п	Статьи затрат	Объем		Сумма основных расходов в	Полная сметная стоимость, руб.
		Ед. изм.	Кол-во		
1	2	3	4	5	6
I. Основные расходы на работы					
<b>Группа А. Собственно работы</b>					
1.	Проектно — сметные работы	% от ПР	50		510 203
2.	Полевые работы:	руб.			830
2.1	Гидрогеохимическое опробование по водотокам	проб	5	1 240,63	45 358
2.2	Гидрогеологическое опробование	проб	5	2160,2	42 802
Итого полевых работ					<b>554 238</b>
3.	Организация полевых работ	% от ПР	1,5		84 283
4.	Ликвидация полевых работ	% от ПР	0,8		
5.	Камеральные работы	% от ПР	76%		119131
<b>Группа Б. Сопутствующие работы</b>					
1.	Транспортировка грузов и персонала	руб.			684
<b>Итого основных расходов:</b>					<b>757 652</b>
II. Накладные расходы		% от ОР	13		104462,93
III. Плановые накопления		% от ОР+НР	15		136203,59
V. Подрядные работы (лабораторные работы)					17 570 +4746= 22 316
VI. Резерв		%(от ОР)	3		24106,83
Всего по объекту:					<b>841 327,35</b>
НДС		%	20		168 265,5
<b>Всего по объекту с учетом НДС:</b>					<b>673061,9</b>

## 5.8. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

### Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

*Чистая текущая стоимость (NPV)* – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где:  $ЧДП_{опt}$  – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

$I_0$  – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

$t$  – номер шага расчета ( $t = 0, 1, 2 \dots n$ )

$n$  – горизонт расчета;

$i$  – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если  $NPV > 0$ , то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 21. При расчете рентабельность проекта составляла 20 %, норма амортизации-10 %.

$$Aг=Сперв*На/100$$

Таблица 23 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		-	1,00	2,00	3,00	4,00
1	Выручка от реализации, руб.	-	1 009 592,9	1 009 592,9	1 009 592,9	1 009 592,9
2	Итого приток,руб.	-	1 009 592,9	1 009 592,9	1 009 592,9	1 009 592,9
3	Инвестиционные издержки, руб.	-673061,9	-	-	-	-
4	Операционные затраты, руб.	-	235 571,67	235 571,67	235 571,67	235 571,67
5	Налогооблагаемая прибыль(1-4)	-	774 021,19	774 021,19	774 021,19	774 021,19
6	Налоги 20 %, руб.(5*20%)	-	154 804,24	154 804,24	154 804,24	154 804,24
7	Чистая прибыль, руб.(5-6)	-	619 216,95	619 216,95	619 216,95	619 216,95
8	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+амортизация)	673061,9	643 676,90	643 676,90	643 676,90	643 676,90
9	Коэффициент дисконтирования (КД)	1,00	<u>0,83</u>	<u>0,69</u>	<u>0,58</u>	<u>0,48</u>
10	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.(9*10)	-673061,9	<b>536 182,86</b>	<b>446 711,77</b>	<b>372 045,25</b>	<b>310 252,26</b>

11	$\sum ЧД$	1 665 192,14
12	ИтогоNPV, руб.	2 338 254,04

*Коэффициент дисконтирования* рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где:  $i$  – ставка дисконтирования, 20 %;

$t$  – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 288821,48 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

*Индекс доходности (PI)* – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

$I_0$  – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{554840,19}{266018,71} = 2,0$$

Так как  $PI > 1$ , то проект является эффективным.

*Внутренняя ставка доходности (IRR)*. Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или =0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования  $i$  можно судить о запасе

экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования  $i$ , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования ( $i$ ) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 24 и на рисунке 20.

Таблица – 24 Коэффициент дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	
1	Чистые денежные потоки, руб.	-673061,9	673061,9	673061,9	673061,9	673061,9	NPV, руб.
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	<b>0,909</b>	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,35	
	0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,39	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,5	0,25	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-673061,9	611813,27	555949,1294	505469,4869	459701,2777	1459871,261
	0,2	-673061,9	560660,56	467104,9586	389029,7782	324415,8358	1068149,235
	0,3	-673061,9	517584,6	398452,6448	306243,1645	235571,665	784790,1754
	0,4	-673061,9	480566,2	343261,569	244994,5316	174996,094	570756,4912
	0,5	-673061,9	448932,29	298839,4836	198553,2605	133266,2562	406529,3876
	0,6	-673061,9	420663,69	262494,141	164227,1036	102978,4707	277301,5028
	0,7	-673061,9	395760,4	225475,7365	136631,5657	75382,9328	160188,7322
	0,8	-673061,9	374222,42	207976,1271	115093,5849	63940,8805	88171,1089
	0,9	-673061,9	354030,56	186438,1463	98267,0374	51825,7663	17499,6094
	1	-673061,9	336530,95	168265,475	84132,7375	41729,8378	-42402,8997



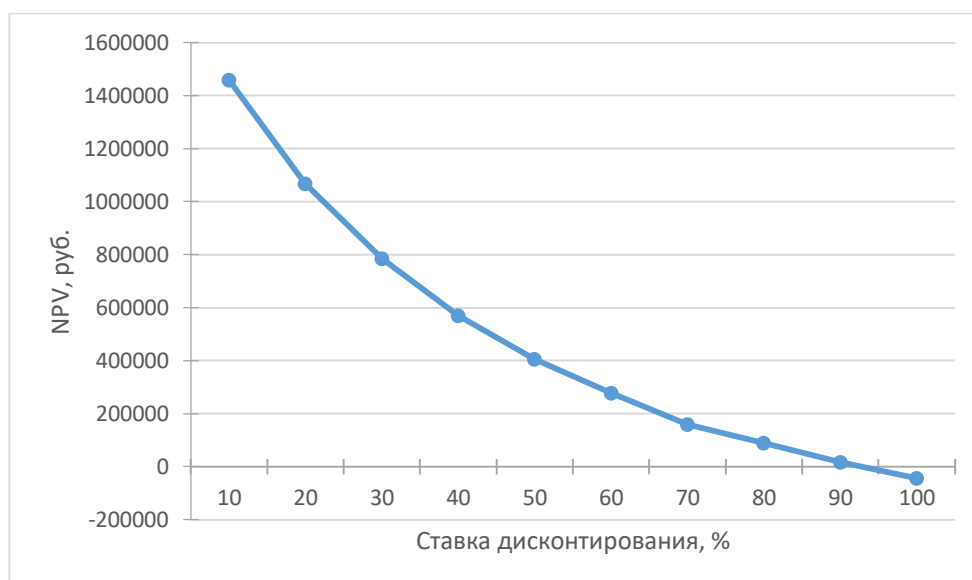


Рисунок 20 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,50.

Запас экономической прочности проекта:  $85\% - 20\% = 65\%$

*Дисконтированный срок окупаемости.* Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 11).

Таблица 25 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ( $i=0,20$ ), руб.	673061,9	536182,86	446711,77	372045,25	310252,26
2	То же нарастающим итогом, руб.	-673061,9	-	309832,73	681877,98	992130,24
3	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{дск} = 1 + (136879,04 / 446711,77) = 1,3$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 22).

Таблица 26 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие информации об элементном составе природных объектов на территории рудопроявления	Впервые получены данные об элементном составе и количественных составляющих у природных объектах
Нехватка обширных и достоверных данных об аномалиях золота и сопутствующих элементах в природных объектах на территории рудопроявления	Обобщены и структурированы данные о об аномалиях в природных объектах на территории рудопроявления

### 5.9. Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу

расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где:  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где:  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблице 27).

Таблица – 27 Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта)	0,20	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	3	3
3. Надежность	0,15	4	4	4
4. Безопасность	0,15	4	3	3
5. Простота эксплуатации	0,15	5	5	5
6. Возможность автоматизации данных	0,20	5	3	4
Итого	1	28	22	23

$$I_m^p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,7$$

$$I_1^A = 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 = 3,8$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 = 3,8$$

Интегральный показатель эффективности разработки  $I_{финр}^p$  и аналога  $I_{финр}^a$  определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}; I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}$$

где:  $\mathcal{E}_{ср}$  – сравнительная эффективность проекта;

$I_{финр}^p$  – интегральный показатель разработки;

$I_{финр}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 28.

Таблица 28 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,82	1	0,16
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	3,8	3,7
3	Интегральный показатель эффективности	7,38	4,63	4,32
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,68	1,56	1,42

### Выводы по разделу

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 2 338 254,04руб.; индекс доходности  $PI=2,0$ , внутренняя ставка доходности  $IRR=85\%$ , срок окупаемости  $PP_{дск}=1,3$  года.

Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

## **Вывод**

Изучен химический состав подземных вод городской территории на примере пяти родников группы «Университетские» г. Томска. Воды родников являются пресными, жесткими по степени общей жесткости, по величине рН нейтральными. По химическому составу подземные воды родников гидрокарбонатные кальциевые. Отмеченные особенности состава исследуемых вод являются характерными для подземных вод Томского района и г. Томска в частности.

В водах отмечаются признаки их загрязнения органическим веществом, о чем свидетельствует высокое содержание азота нитратного и величина перманганатной окисляемости. Вместе с тем наблюдаются признаки антропогенного влияния на исследуемые воды и в их составе отмечены повышенные относительно природных фоновых значений содержания сульфат-иона, хлорид-иона и нитрат-иона, а также ионов натрия и калия.

Антропогенное влияние на подземные воды носит постоянный характер, на что указывают стабильно высокие содержания отмеченных выше нормируемых компонентов за 3 летний период наблюдения за составом вод родников.

Отмеченные особенности состава вод исследуемых родников свидетельствуют об их удовлетворительном качестве и использование в питьевых целях на регулярной основе не желательно.

Характер техногенной нагрузки на исследуемую территорию выражен в различных видах. Основным источником негативного влияния на подземные воды являются сточные воды различного генезиса - ливневые сточные воды с территорий промышленных площадок заводов, жилых микрорайонов и автодорог. Следующим по масштабности распространения являются несанкционированные мусорные свалки, а в области разгрузки подземных вод - это масштабное складирование строительного мусора. К этому списку добавляются и несанкционированные парковки автомобилей.

## Список использованных источников и литературы

1. Томская область // Официальный интернет-портал Администрации Томской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tomsk.gov.ru/adm>.
2. Демографическая ситуация, структура и занятость населения города // Официальный портал МО «Город Томск» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.admin.tomsk.ru/pgs/2dh> (дата обращения: 17.03.2020);
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2015 году» / гл. ред. С.Я. Трапезников; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». – Томск: Дельтаплан, 2016. – 156 с.
4. Гидрогеология СССР, том XVI, Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская область). М., изд-во «Недра», 1970, 368 стр.
5. Егоров Б.А., Скогорев А.И. И ДР. Обобщение и анализ геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических материалов по территории г.Томска с целью обоснования проведения картографирования масштаба 1:25000. – Томск: «Томскнефтьгазгеология», 1997. – 50 с.
6. Инженерно-геологические условия территории г. Томска и их изменения в связи с хозяйственным освоением – Томск: 1981. – 286с.
7. Рождественская Л.А., Покровский Д.С. и др. Инженерно-геологические условия территории г.Томска и их изменения в связи с хозяйственным освоением. Отчет о НИР. № ГР 79005612. – Томск, 1981. -238 с.

8. Покровский Д.С., Кузеванов К.И. Гидрогеологические условия и процессы подтопления территории г. Томска . Новосибирск: Изд-во «Наука» СО, 1987.
9. Косова Л.С. Природа г.Томска: учебное пособие. –Томск, 1999.- 116 с.
10. Назаров А. Д. Родники г. Томска - распространение, состав, возможности использования и аквапаркового обустройства (краткие сведения по исторической части города) / А. Д. Назаров // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. — 2002. — Т. 305, вып. 8: Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений. — [С. 236-256].
11. Дутова Е.М. Основы практической гидрогеологии и инженерной геологии: учебное пособие / Е.М.Емельянова, К.И.Кузеванов.- Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2006.-114 с.
12. (<http://svyato.info>) Святой источник.
13. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология: Учебник для вузов .2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Альянс, 2012. - 601 с.
14. <https://vitarel.ru/article/soderzhanie-mikroelementov-v-vode>.
15. Методические рекомендации по выявлению и оценке загрязнения подземных вод. Составителя: В.М. Гольдберг, С.Г. Мелькановицкая и В.М.Лукиянчиков М.: ВСЕГИНГЕО, 1988.
16. Рогов Г.М. Проблемы использования природных вод бассейна реки Томи для хозяйственно-питьевого водоснабжения / Рогов Г.М., Попов В.К., Осипова Е.Ю. –Томск: Изд-во Томск. аос. архит.-строит. ун-та, 2003.— 218 с.Инженерно-геологические условия территории г. Томска и их изменения в связи с хозяйственным освоением – Томск: 1981. – 286с.



17. Геологическое строение окрестностей г. Томска (территории прохождения геологической практики) учебное пособие /С.С. Гудымович, И.В. Рычкова, Э.Д. Рябчикова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 84с.
18. СанПиН 2.1.4.1175 – 02 Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901836057>.
19. СП 2.1.5.1059 – 01 Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901794517>.
20. ГН 2.1.5.689-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
21. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора (с Изменением N 1).
22. Определение содержания микроэлементов в питьевых водах оренбургской области / Мишукова Т.Г., Осипов А.А., Сальников И.А. // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015.– № 10 (185). С. 303-307.
23. [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles/17/3515/tb1.htm](https://www.abok.ru/for_spec/articles/17/3515/tb1.htm).
24. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Павлов А.Н., Общая гидрогеология. – М.: Недра, 1988. – 150 с.
25. Ломтадзе В.Д. Физико-механические свойства горных пород. Методы лабораторных исследований: учебное пособие. – Л.: Недра, 1990. – 328 с.
26. Состояние геологической среды (недр) на территории Томской области в 2005 г.: Информационный бюллетень. – Томск: ОАО «Томскгеомониторинг», 2006. – 118с.

27. Рождественская Л.А., Покровский Д.С. и др. Инженерно-геологические условия территории г.Томска и их изменения в связи с хозяйственным освоением. Отчет о НИР. № ГР 79005612. – Томск, 1981. – 238 с.
28. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
29. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
30. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
31. Федеральный закон от 17 июля 1999 г. № 181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации".
32. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019)
33. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства
34. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб.
35. ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя.
36. ГОСТ 12.2.033-78. Рабочее место при выполнении работ стоя.
37. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
38. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
39. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание).
40. СанПиН 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
41. ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда.
42. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
43. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий.

44. ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования».
45. ГОСТ 12.1.019-2017 ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ
46. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные (с Изменением N 1)
47. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования
48. Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

### Literature review

**Студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ91	Тургунбаев Бексултан Улукбекович		

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения геологии	Хващевская Альбина Анатольевна	К.Г.-М.Н., доцент		

**Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кемерова Наталья Сергеевна			

## Introduction

There are a large number of natural underground water outlets on the day surface in the form of springs on the territory of Tomsk. They are one of the strategic objects of nature. In the event of an emergency, springs can act as the only sources of drinking water for the population. Currently, underground water outlets in the form of springs are actively used by the city's population for drinking purposes, as an analogue of clean natural drinking water, and the assessment of their quality is descriptive - delicious, transparent, clean, etc.

But at present, urban areas are experiencing a significant anthropogenic load, which in turn affects the composition of underground water and its quality.

Obtaining information about the chemical composition of spring waters will allow us to trace the nature of the influence of the anthropogenic factor on the state of underground waters on the territory of Tomsk.

A significant number of springs are recorded within the historical part of the city on the territory of the Siberian Botanical Garden and the University Grove of Tomsk State University. This group of springs is of special cultural-historical, landscape-aesthetic, water management and practical significance. In this regard, monitoring the chemical composition of spring waters and assessing their quality will allow us to assess the impact of the anthropogenic factor on the underground water of the urban area, take timely measures to reduce the negative impact on the water and preserve its quality, which is very relevant.

**The work objectives are:** study the chemical composition of spring waters, assess the features of their temporal variability and establish the influence of anthropogenic factors on them.

Tasks:

1. Study the natural-climatic and hydrological formation conditions of the composition of underground waters on the urban territory of Tomsk;

2. Determine the chemical composition of natural underground waters of the "University group" springs;
3. Assess the water quality of the "University group" springs;
4. Identify the main sources of impact on the groundwater.

### **Main factors of underground water formation**

#### **Physical and geographical characteristics of the territory**

The study site is located on the territory of Tomsk, which is the administrative center of the Tomsk region. The city is located in the south-east of the region on the right bank of the Tom River. Tomsk Oblast is a part of the Siberian Federal District and is bordered by Kemerovo and Novosibirsk Oblasts to the south, Omsk Oblast to the southwest, Khanty-Mansi Autonomous Okrug to the north, west and northwest, and Krasnoyarsk Krai to the northeast and east.

The area of the city is 294.6 km<sup>2</sup>. Tomsk is divided into 4 inner-city administrative divisions: Kirovsky, Sovetsky, Leninsky and Oktyabrsky districts (Figure 1).



Figure 1– Map-diagram of the administrative division of Tomsk

The population as of January 1, 2020 is 597,819 people. According to the number of inhabitants, Tomsk is one of the average cities in Russia.

The object of the study (the University springs) is confined to the territory of the Kirovsky district of the city and is located on the territory of the Moscow tract landscape spring megazone. The latter stretches along the Moscow tract and Istochnaya Street covering the above flood-plain bench and the slope of the Tom River bank from the communal bridge to the mouth of the Ushaika River. This aquazone is located in the historical part of Tomsk at the entrance to the city, and is actually the business card of the regional center. The map diagram of the territory under study is shown in Fig. 2.

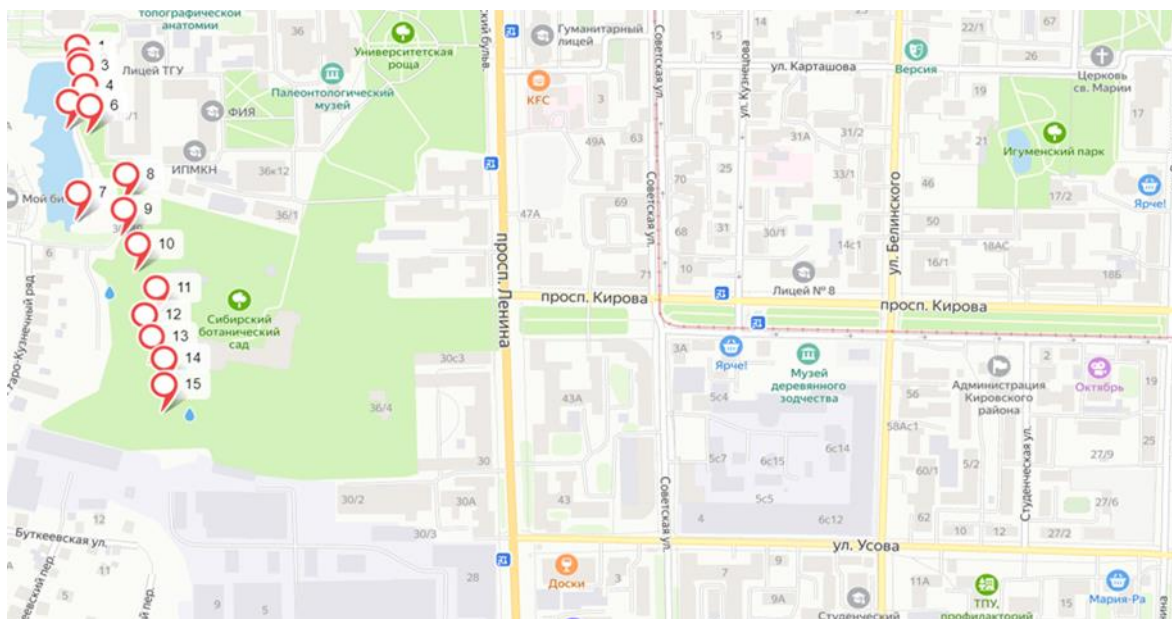


Figure 2 – Map-map of the research area (yandex map)

### **Terrain**

The city of Tomsk is located in the south-eastern part of the West Siberian Lowland. From the west, the territory is bordered by the valley of the Tom River, in the east, gradually rising, it passes into the Tom-Chulymsky watershed. The highest marks of watersheds reach 190-230 m in the southern part, decreasing to 120-150 m abs. height in the northern part.

The relief of the urban area, which has a common west-north-west exposure, is complicated by the terrace complexes of the valleys of the Tom River and its tributaries-the Ushaika, Kirghizka, and Basandaika rivers. The mutually inclined terraced ledges smoothly adjoin the watershed and often end in slopes of varying steepness with the deviations from 5-10 to 50-60 degrees and relative elevations of up to 50-60 m. Minimum relief marks along the water's edge in the river Toms are 68-70 m abs. height.

The peculiarity of the urban terrain is a combination of relatively flat surface areas with significant areas of the slopes of river valleys, where, due to the peculiarities of hydrogeological conditions, underground water is discharged, and in some cases, slope processes are activated. Along with this, there are many deep intensively developing ravines with steep, often abrupt slopes on the territory. Springs are most often formed on the slopes, in ravines.



## **Climate**

The climate in the area of Tomsk is sharply continental with cold long winters and relatively hot summers. The average annual air temperature is -0.6 degrees Celsius. The maximum temperature (more than 30 degrees) is in July, the minimum (up to 45 degrees or more) is in January.

The average annual precipitation is 536 mm per year. The maximum is in July -77 mm, the minimum in February – 15 mm. In summer, showers and thunderstorms are frequent. The amount of precipitation exceeds the amount of evaporation. The prevailing wind direction is south and south-west, in summer the winds of the northern rhumb are quite frequent. The average wind speed is 4-5 m/s. The highest wind speed (up to 14-20 m/s) is observed in early spring and late autumn.

## **Hydrography and hydrology**

The main waterway of Tomsk is the Tom River. The direction of the current is north-west. The largest tributaries are the Ushaika, Basandaika, and Kirghizka rivers. Within the city limits and up to the mouth, the Tom is a typically flat river. The width of its channel in this area in the low water is 500-600 m. The river valley is 1.5 km wide and has a well-defined asymmetrical shape.

The highest levels are typical for the spring ice drift (870-310 cm), and the lowest for the summer-autumn period (89-46 cm). The duration of the ice drift is 10 days. The early start of the ice drift is April 11, later-April 29; the early end – April 22, later-May 9. During the ice drift, the water in the river rises to 5-6 m. The flood at this time moves at a speed of up to 3.88 m / s, destroying everything in its path.

The tributaries of the Tomi River-Basandayka, Gorchayka, Kirghizka have a north-western direction. The river valleys are well developed. In Paleozoic rocks, the valleys have a small width (75-100 m), steep slopes, the water flow is quite fast with a large number of rifts. Flowing through areas of loose rocks, rivers have a slow flow, the width of the valley reaches 500-600 m, the flow rates of rivers in the low water range from 1.2-1.8 m<sup>3</sup>/s at an average speed of 0.1-0.6 m / s, the width of their channel is 20-30 m, the depth does not exceed two meters.

The regime of rivers is highly dependent on precipitation in full accordance with the regime of the ground water.

The Tom River is one of the major high-water rivers. Its water belongs to the bicarbonate class and has a fairly low mineralization, not exceeding 100 mg / l in the month of May.

The presence of economic and residential facilities in the river valleys makes it necessary to create water protection zones and coastal protective strips. On the territory of the Tomsk region, the real state of these zones and lanes is often assessed as unsatisfactory – the valleys of small rivers near settlements and highways are cluttered and polluted; despite the ban, the local population washes vehicles in places not intended for this purpose; the area is being developed; the territories occupied by garden plots are being expanded, and so on.

### **Geological conditions**

Tectonically, the territory of the Tomsk city area is located at the junction of two structures: the epi-Hercynian West Siberian plate and the Hercynides of the Tom-Kolyvan folded zone. This is due to the features of the geological structure of the site. In the section, two structural floors are distinguished: at the bottom – the Upper Paleozoic folded foundation represented by sand-clay shales of the Lower Carboniferous, broken by dikes of diabases, presumably of Jurassic age; in the upper part-a hollow platform cover of Cretaceous-Cenozoic age.

The springs are mainly located on the II and III above floodplain terraces. The aquifers contain the upper Quaternary alluvial deposits of the second above floodplain terrace of the river. The geological map of the territory is shown in Figure 3.

Paleogene sediments (P) within the territory of Tomsk are almost ubiquitous, with the exception of the Ushaika River valley, where sediments of Quaternary and Neogene ages lie directly on the Paleozoic rocks and their weathering crust. Paleogene deposits within the territory of Tomsk are represented by sediments of Eocene and Oligocene age – Lyulivorskaya and Yurkovskaya formations and Oligocene deposits of Novomikhailovskaya and Lagernotomskaya formations.

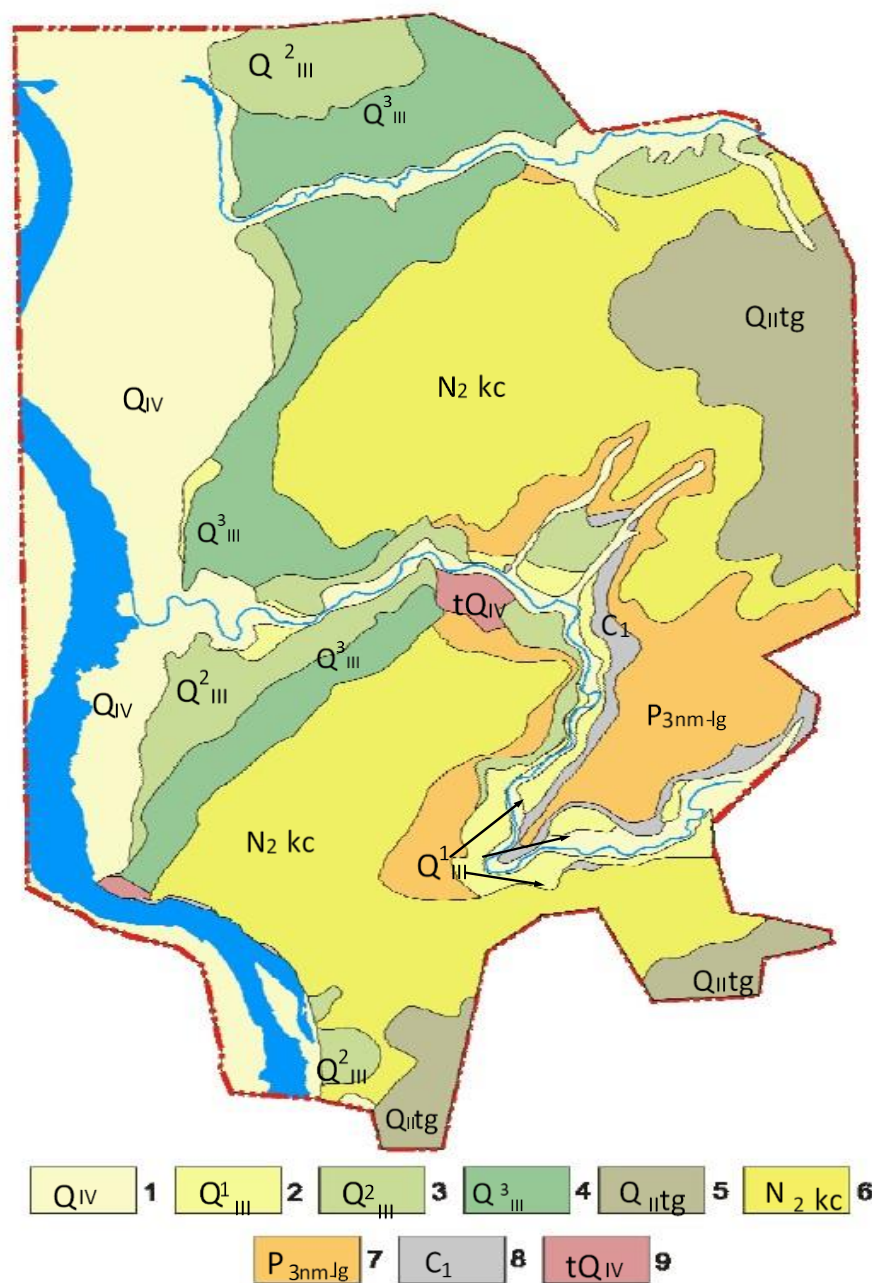


Figure 3 – Geological map of the territory of Tomsk

1-modern alluvial deposits of floodplains (QIV); 2-upper Quaternary alluvial deposits of the first above floodplain terrace of the Tomi, Ushayki (Q<sup>1</sup><sub>III</sub>); 3 – upper Quaternary alluvial deposits of the second above floodplain terrace of the Tom, Ushayka, Kirghizka (Q<sup>2</sup><sub>III</sub>); 4-upper Quaternary alluvial deposits of the third above floodplain terrace of the river Tom (Q<sup>3</sup><sub>III</sub>); 5-Mid-Quaternary lake-alluvial deposits of the Taiga formation (Q<sub>IItg</sub>); 6-Upper Neogene Pliocene deposits of the Kochkov Formation (N<sub>2</sub> kc); 7-upper Paleogene Oligocene deposits of the Novomikhailov and Lagernosad formations (P<sub>3pm-lg</sub>); 8-lower Carboniferous deposits (C<sub>1</sub>); 9-technogenic deposits (tQ<sub>IV</sub>).

## Hydrogeological conditions

Hydrogeological conditions of the territory of Tomsk are determined by the peculiarities of the geological structure. Figure 4 shows a schematic hydrogeological map of Tomsk.

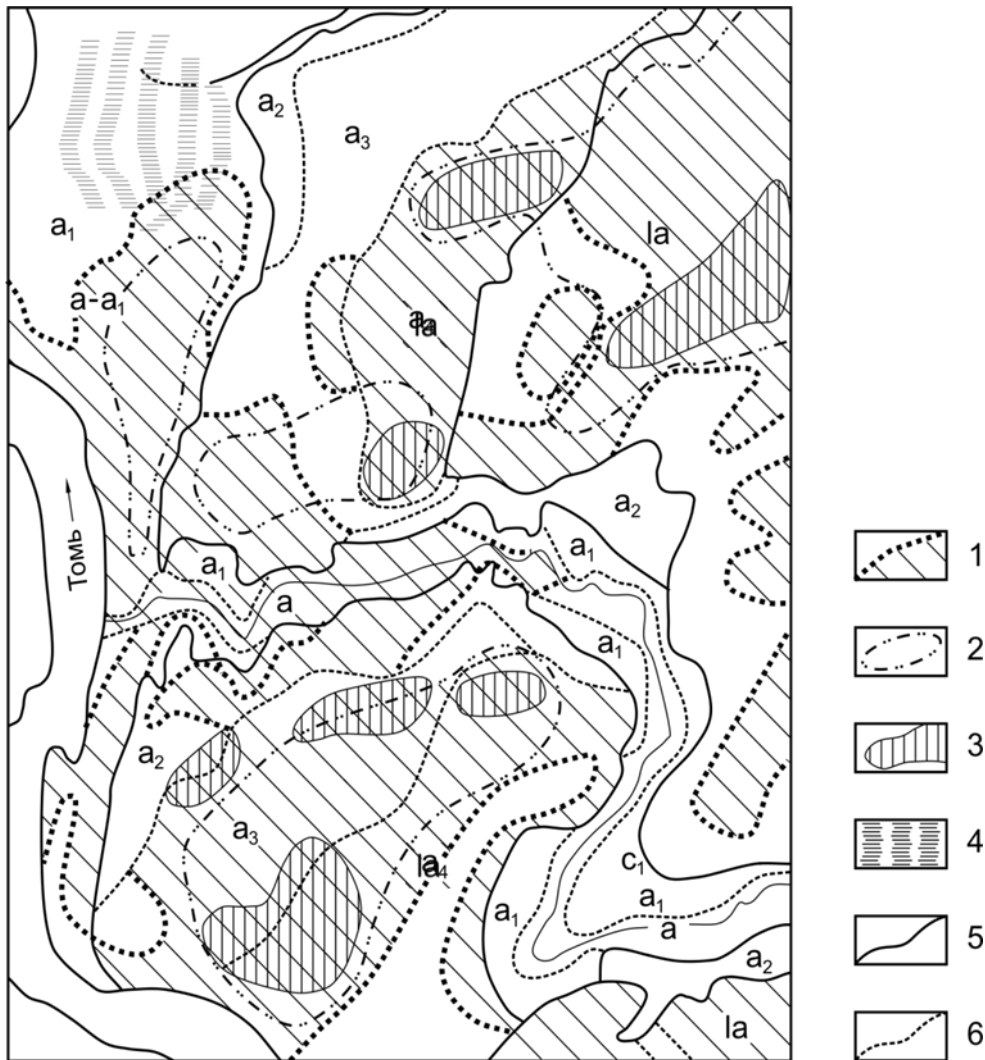


Figure 4 – Schematic hydrogeological map of Tomsk (Pokrovsky et al., 1987)

1 – territories with a structure favorable for the formation of man-made headwaters and flooding processes; 2 - contours of the headwater's development; 3-areas of flooding development; 4- wetlands; 5-boundaries of aquifers; 6-boundaries of geomorphological elements. The letters indicate the aquifers of the low (a – low and high floodplains, a1 – the first above floodplain) and high (a2 – the second, a3 – the third, a4-the fourth above floodplain) terraces, watershed (la) and the carboniferous sediment aquifer complex (c1).

In the section, two structural floors are distinguished. The base is represented by dense dislocated fractured rocks of the Paleozoic, with loose sand-clay deposits of Mesocainozoic age lying above (Fig. 5, 6). The role of a separate layer between them is performed by the clay crust of weathering of the Cretaceous-Paleogene age having a variable thickness. It is represented by water-resistant clays.

Water-bearing complexes of Quaternary, Paleogene, Cretaceous, and Lower Carboniferous sediments have been identified within the city of Tomsk and adjacent territories. The upper part of the hydrogeological section is composed of loose rocks (Fig. 5). The aquifer complex of the Lower Carboniferous deposits is formed by fractured rocks of the Paleozoic basement.

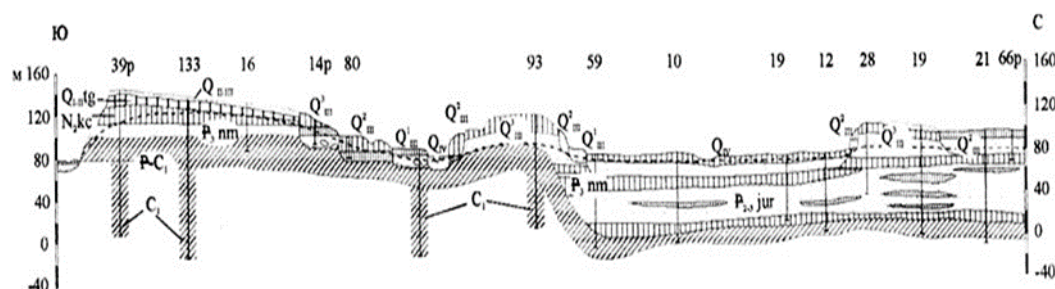


Figure 5 – Hydrogeological section along the line Lagerny Sad-Cheremoshniki (by G. L. Plevako, 1987)

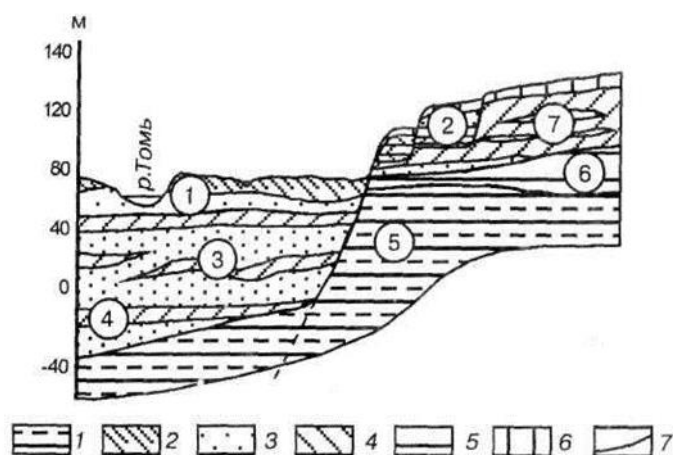


Figure 6 – Scheme of occurrence of aquifers (Pokrovsky, Kuzevanov, 1999):

1-mudstones, siltstones, sandstones; 2-loams; 3-sands; 4-sandy loams; 5-clays; 6 – cover deposits; 7 – lithological boundaries. Figures in circles – aquifer: 1-low terraces, 2-high terraces, 3-Paleogene sediments; 4-Cretaceous sediment aquifer complex; 5-Cretaceous-Paleogene weathering crust; 6-weathering crust; 7-watershed sediment aquifer

### **Features of the anthropogenic load in the study area**

The territory under study is confined to and occupies part of the Kirovsky District of Tomsk.

A significant number of various social and cultural objects, residential neighborhoods, and some industrial enterprises are located on the designated area. There are educational and administrative buildings of Tomsk State and Tomsk Polytechnic Universities, Siberian Medical University, Hospital clinics, residential premises, student dormitories, buildings and experimental sites of the Siberian Botanical Garden. The building of the Cybernetic Center, the buildings of the Tomsk Electric Lamp and Tomsk Electromechanical Plants are adjacent to the research area. There are many cafes and public catering outlets, shops on the specified territory.

Residential neighborhoods are packed with a large number of vehicles. Moreover, car parking is often carried out on lawns, and this entails a violation of the grass cover, the removal of soil and gravel material to the road surface and into the storm drain.

A significant part of the area is located under the highways. There are two major avenues along it – Lenin and Kirov. The traffic congestion in this section is considered one of the highest in the city. Hydrocarbons coming from exhaust gases settle on the road surface and get into the storm drains.

To prevent icy events on the roads, special vehicles sprinkle roads with sand mixtures containing salt, this increases the content of sodium and chlorine in storm drains.

Construction waste is among the sources of impact on the natural environment. In Siberian Botanical Garden around Lake Universitetskoye, large volumes of compressed construction waste and blocks of destroyed buildings are noted. Part of the territory of Tomsk Electromechanical Plant is composed of waste from construction debris and destroyed buildings, and forms a slope at the western end of Lake Polytechnic.

In the catchment area, there is a significant accumulation of garbage in the form of food waste and packaging material.



A photograph of the territory with elements of man-made load is shown in Fig. 7.



Figure 7-Anthropogenic impact on groundwater (photo by yandex)

The analysis of information about the technogenic load on the studied territory showed that the main types of negative impact on underground water are:

- storm water from the territories of industrial sites, factories, residential neighborhoods and highways;
- unauthorized landfills;
- places of organized garbage collection from residential buildings;
- unauthorized parking of cars, etc.

As a result, the following pollutants may enter the groundwater: suspended solids, nitrogen compounds, chlorides, petroleum products, heavy metals, radioactive waste, etc.

The nature of the terrain of the studied territory contributes to the complication of the ecological state of water bodies. From Fig. 8, a plot with a pronounced slope of the terrain can be seen in the area of the intersection of Kirov Ave. and Lenin Ave. The storm water generated on it enters the territory confined to the area of the springs' feeding bringing in a significant part of the pollutants